

ESTUDIO DE VIABILIDAD FINANCIERA DE LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO

**DANIEL CASTRILLÓN VELÁSQUEZ
FELIPE DUQUE HOYOS**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniero Administrador**

**Juan Felipe Martínez – Director de Planeación y
Estructuración Financiera - Internexa S.A.**



**UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
ENVIGADO
2019**

Tabla de Contenido

Resumen.....	7
Introducción	8
1 Preliminares	9
1.1 Formulación del problema	9
1.2 Justificación.....	10
1.3 Objetivos del proyecto	11
1.3.1 Objetivo General:.....	11
1.3.2 Objetivos Específicos:.....	11
1.4 Marco de Referencia	12
1.4.1 Antecedentes	12
1.4.2 Marco Teórico.....	13
2 Metodología.....	16
2.1 Estudio Técnico.....	16
2.1.1 Sistemas de Riego	16
2.1.2 Prueba Piloto	31
2.1.3 Escalabilidad del Proyecto	39
2.2 Estudio de Mercado.....	46
2.2.1 Cliente	46
2.2.2 Competencia.....	48
2.2.3 Transporte y Proveedores.....	49
2.3 Estudio Organizacional – Administrativo - Legal.....	50
2.4 Estudio Financiero.....	55
3 Presentación y Discusión de Resultados	63
3.1 Caso Base	63
3.2 Escenarios.....	67

4 Conclusiones.....	70
Referencias.....	71
Anexo 1. Selección del Terreno	74

Lista de Tablas

Tabla I. Macroelementos.....	26
Tabla II. Microelementos	27
Tabla III. Características Prueba Piloto	32
Tabla IV. Venta real de lechugas	33
Tabla V. Costo de Transporte Negociado	34
Tabla VI. Cálculo Costos Variables.....	34
Tabla VII. Estudio del Tiempo Observado	34
Tabla VIII. Cálculo Unidades Productivas	40
Tabla IX. Área Bajo Invernadero.....	41
Tabla X. Unidades Productivas Deducidas y Área Camas Hidropónicas.....	42
Tabla XI. Total Producción Anual	43
Tabla XII. Plan de Producción Años 1-3	43
Tabla XIII. Número de Canastillas Requeridas	44
Tabla XIV. Precio por Oficina, Empaque y Carretera	44
Tabla XV. Capacidad Bomba Centrífuga	45
Tabla XVI. Inversiones Centro de Tanques	45
Tabla XVII. Insumos utilizados durante la producción	50
Tabla XVIII. Requerimiento de personal de producción	51
Tabla XIX. Evolución salarios.....	53
Tabla XX. Depreciaciones y porcentaje de reinversión.....	56
Tabla XXI. Cálculo del WACC	58
Tabla XXII. Modelo de Proyecciones.....	61
Tabla XXIII. Capex.....	61
Tabla XXIV. Capital de Trabajo.....	62
Tabla XXV. Evaluación financiera FCF y FCFE	64

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla XXVI. Flujo de Caja	66
Tabla XXVII. Tabla de datos 1 variable (1)	68
Tabla XXVIII. Tabla de datos 2 variables	69
Tabla XXIX. Tabla de datos 1 variable (2).....	69
Tabla XXX. Precio hectárea	77
Tabla XXXI. Parametrización terreno	77
Tabla XXXII. Calificación terreno	77

Lista de Figuras

Figura 1. Sistemas de Cultivos Hidropónicos	18
Figura 2. Bolsa canastillera	29
Figura 3. Hoja amarilla o seca.....	30
Figura 4. Lechugas empacadas	31
Figura 5. Curva de Crecimiento	33
Figura 6.Sistema NFT	35
Figura 7. Plantas en etapa inicial.....	35
Figura 8. Plantas a las 4 semanas	36
Figura 9. Plantas en etapa madura (6 semanas)	36
Figura 10. Espaciamiento entre plantas	37
Figura 11. Lechuga mediana (4 semanas) con raíz saludable.....	37
Figura 12. Bacteria propagada por mosca.....	38
Figura 13. Planta afectada por insectos.....	38
Figura 14. Tierra y turba del trasplante	39
Figura 15. Organigrama años 1-2.....	52
Figura 16. Organigrama años 3 en adelante	52

Resumen

Se estudió la viabilidad financiera de un cultivo hidropónico de una hectárea de lechuga con un sistema NFT en el Oriente Antioqueño. El proyecto se evaluó financieramente con la metodología del Flujo de Caja Libre Operativo y el Valor Presente Neto. Se realizó además una prueba piloto para determinar el costo real de producción, la productividad de los empleados, el transporte, la comercialización y el empaque. Se optimizó la producción y se escaló al tamaño del proyecto. Al ser evaluado para un plazo de 10 años se concluyó que el proyecto es viable y trae beneficios para los inversionistas. Se presta como una opción atractiva para los agricultores tradicionales buscando aumentar su productividad y sus ingresos.

Introducción

Las tierras han sufrido inmensas valorizaciones, cada vez hay una mayor escasez de recursos hídricos y además las fuentes pueden estar contaminadas y no ser aptas para el consumo humano. Estos factores generan presiones sobre los propietarios de las tierras, que se ven obligados a venderlas a desarrolladores inmobiliarios en sus esfuerzos por urbanizar gran parte del Valle de San Nicolás. Como alternativa a esta problemática, se propone evaluar la viabilidad de un cultivo hidropónico con sistema NFT, de una hectárea, en el Oriente Antioqueño. Esto en aras de contrarrestar las valorizaciones y la necesidad de vender.

Se realizó un estudio técnico, uno de mercado, uno organizacional – administrativo – legal y uno financiero para determinar la viabilidad del proyecto. Se acompañó además el proyecto con una prueba piloto a pequeña escala situada en El Retiro para determinar la productividad de los operarios, los costos de producción, la distribución y la venta en sus diferentes presentaciones. Por lo tanto, la gran mayoría de las entradas del modelo tienen justificación real y los supuestos tienen sustento real. Se utilizó el método de Flujo de Caja Disponible y los conceptos del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para determinar la viabilidad financiera del proyecto.

Los flujos de caja se analizaron para el proyecto y para el inversionista, y se hizo un análisis sin valor terminal y otro con valor terminal que incluye recuperar la cartera y vender el proyecto bajo el método de flujos a perpetuidad descontados.

1 Preliminares

1.1 Formulación del problema

Múltiples autores abordan las problemáticas de las tierras cultivables desde diversos puntos de vista. Por un lado, (Savvas, 2003) muestra como la expansión demográfica descontrolada puede generar fuertes presiones sobre zonas que en muchos casos son fértiles y aptas para la producción agrícola. Por otro lado, (Laidlaw et al., 2017) establecen que uno de los principales problemas que tiene la tierra cultivable es su alta contaminación, en especial cuando acumulan plomo y otros metales pesados. Frente a estas situaciones se han desarrollado varias técnicas más limpias que no sólo permiten una mejor utilización de los recursos y la recirculación de agua más pura, sino también una mayor producción y mejores rendimientos para los propietarios.

La contaminación del suelo es un problema serio cuyos efectos apenas se están empezando a ver en la población. Los más afectados tienden a ser los niños, principalmente por: los residuos de la gasolina, la pintura y las baterías al entrar en contacto con la tierra (Laidlaw et al., 2017). Los autores establecen que, al tratarse de un metal pesado, el plomo se transporta en el agua de los cultivos tradicionales y se acumula en los alimentos que luego son consumidos por las personas. Los cultivos hidropónicos atacan esta problemática, ya que la recirculación del agua permite controlar y filtrar de una manera más eficiente el agua utilizada.

Según (Kyaw & Ng, 2017), otra problemática ligada a la expansión de la zona urbana es la escasez de terrenos cultivables. Como se vio en Singapur, país en donde cerca del 90% de los productos perecederos son importados, recurrir a técnicas modernas para suplir la demanda de alimentos es crucial para asegurar una estabilidad. En el caso colombiano, regiones de escasos recursos podrían aprovechar programas de alta tecnología para cubrir esas necesidades alimenticias y reducir los costos actuales. En muchos casos, la mano de obra se ha vuelto sobre calificada para labrar la tierra, y las exigencias salariales de los trabajadores y las valorizaciones de las tierras hacen que se vuelvan cada vez más escasos los cultivadores en algunas regiones del país. Este es el caso de Marinilla en Antioquia, donde la secretaría de planeación de manera alarmante ha explicado como la frontera periurbana está creciendo cada vez más, volviendo más rentable para los campesinos vender sus predios para parcelar que desarrollar actividades agrícolas (El Colombiano, 2016).

Muchos países, con los Países Bajos como referente, han innovado y desarrollado nuevas técnicas que permiten producir más con menos. Para (Savvas, 2003), esto se logra a través de los cultivos hidropónicos por su capacidad de remplazar el suelo tradicional con

elementos de soporte, aprovechando de manera más eficiente el espacio. Adicionalmente, el autor resalta que esta técnica distribuye los nutrientes milimétricamente para optimizar tanto el crecimiento de las plantas como la utilización de fertilizantes. En la actualidad, la hidroponía se puede mezclar con la acuicultura, que consiste en aprovechar la fertilización del agua a través de cultivos de peces y sus desechos (Forchino, Lourguioui, Brigolin, & Pastres, 2017). En conclusión, la meta de estos dos métodos de cultivo es la optimización de los recursos, la minimización de los químicos utilizados y la maximización de la producción conservando la calidad de los productos.

Tras analizar las diferentes problemáticas, y entender como en el oriente antioqueño se está viviendo una expansión urbana acelerada, se planteó la siguiente pregunta:

¿Cuál es la viabilidad financiera de realizar un cultivo hidropónico de un tipo de lechuga seleccionado en algún municipio del oriente antioqueño?

1.2 Justificación

En Colombia, los municipios aledaños a las grandes ciudades del país viven una gran expansión de la zona urbana. Según Jiménez Morales (2015) el Valle de San Nicolás ha tenido una valorización anual promedio de la tierra de alrededor del 12% desde el año 2001, reflejando una presión urbana mayor a la de la sabana de Bogotá. Esto ha traído efectos transformadores en tierras tradicionalmente cultivables, volviéndolas cada vez más urbanizadas. El desarrollo urbano mencionado por (Jiménez Morales, 2015) conlleva a la modificación del uso del suelo, destinando su gran mayoría al desarrollo de complejos industriales, residenciales o comerciales. Esto se refleja también en un aceleramiento de la deforestación insostenible en muchos sectores (El Colombiano, 2016). Como consecuencia de la valorización de los terrenos de los municipios aledaños a las grandes ciudades, los campesinos son obligados a vender sus predios, y las inversiones en materia agrícola simplemente se trasladan hacia otros municipios más alejados y rentables.

Aunque Latinoamérica y el Caribe tengan la reserva de tierra cultivable más grande del mundo, como afirma Cardona (2015), el desplazamiento de las áreas cultivables trae nuevos problemas como los altos costos de transporte y las pérdidas de rentabilidad. Por esta razón, muchos países han desarrollado nuevas tecnologías para poder tener mayores producciones con menor espacio y menor uso de agua y fertilizantes. No sólo se presenta en la agricultura tecnificada y moderna; sino también en la agricultura tradicional, en donde la aplicación de pesticidas pasó de ser preventiva a localizada. De igual manera, los cultivos hidropónicos utilizan menos recursos y espacio para producir el alimento de las grandes ciudades convirtiéndose inclusive en conservadores del medio ambiente al reducir la temperatura

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

promedio en las grandes urbes. Adicionalmente, los cultivos hidropónicos se presentan como una alternativa de inversión para todas esas personas a quienes se les ha vuelto insostenible seguir labrando la tierra de manera tradicional, al aumentar la productividad considerablemente.

Según Ocampo (2014) actualmente los altos costos de producción, la mano de obra y los impuestos han llevado a que las empresas agrícolas sean cada vez menos viables. En el caso de Uruguay, las empresas arroceras se han vuelto económicamente inviables, por lo cual han tenido que cerrar sus operaciones. Inclusive, Ocampo (2014) afirma que las empresas extranjeras que producían alimentos a gran escala en Uruguay están dejando este país por los altos costos de producción que no les permiten seguir siendo competitivas. En el caso de Colombia, Editorial Dinero (2009) afirma que las valorizaciones de las tierras del campo son desproporcionadas y alarmantes. A pesar de que en promedio las tierras rurales del país aumentaron su valor en un 10% en el año 2008, algunas crecieron hasta en 200%. Específicamente, resaltan los territorios cercanos a las cuatro ciudades principales del país: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla. Sin embargo, inclusive en tierras de tradición agrícola y menos desarrolladas como el Cesar, en donde se ha cultivado palma africana, han alcanzado valores por hectárea que hace cada vez más difícil sembrarlas. Según la editorial, los elevados precios de la tierra y sus crecientes valorizaciones se han convertido en un problema para el agro porque esta actividad difícilmente logra proporcionar los rendimientos para cubrir con los valores que está alcanzando la tierra en múltiples regiones del país.

En zonas del oriente antioqueño como El Retiro y Llanogrande, para el año 2008 las tierras valían entre 400 y 600 millones de pesos por hectárea y tenían valorizaciones de alrededor de un 25% anual como afirma Editorial Dinero (2009). Por esta razón, la región ha tomado un enfoque de desarrollo urbanístico, y la presión sobre los agricultores es inminente. La aplicación adecuada de un cultivo hidropónico podría influir de manera positiva en la rentabilidad de la inversión para que estas tierras vuelvan a ser rentables para el agro.

1.3 Objetivos del proyecto

1.3.1 Objetivo General:

Determinar la viabilidad financiera de un cultivo hidropónico de lechuga en el oriente antioqueño como solución a la presión urbana que ejerce la expansión demográfica del Área Metropolitana de Medellín.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Identificar los componentes técnicos principales a considerar en la viabilidad.
- Realizar un estudio de mercado para identificar el cliente objetivo del proyecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Identificar los componentes organizacionales, administrativos y legales más importantes para la viabilidad del proyecto.
- Analizar la viabilidad financiera del proyecto bajo diferentes escenarios de las variables identificadas como críticas para el éxito del mismo.

1.4 Marco de Referencia

1.4.1 Antecedentes

En la hidroponía surgen algunas preguntas que varían dependiendo del tipo de planta producida y la tecnología utilizada. Recientemente viene creciendo la utilización de tecnologías recirculantes, gracias a la reducción del impacto negativo en el medio ambiente. Solucionada la primera pregunta de cuál sistema utilizar, surge la inquietud acerca de qué concentración de nutrientes utilizar. (Wortman, 2015) en su estudio dividió en varios grupos a las plantas, y concluyó que para la mayoría de las plantas es mejor tener un pH ácido y una electroconductividad (EC) alta.¹

De ahí viene la siguiente pregunta, ¿cómo mantener esos niveles de pH y EC en un punto ideal sin afectar la calidad del producto y sin aumentar los costos de producción? Hoy en día se utilizan sistemas automatizados que, de acuerdo con las características de la planta, el sustrato, y la solución utilizada riegan periódicamente para mantener unos niveles estables. Tal como (Domingues, Takahashi, Camara, & Nixdorf, 2012) lo estudian con la lechuga, que es ampliamente estudiada a nivel mundial, un sistema de riego con sensores de temperatura, electrodos y medidores de pH se puede sistematizar para aumentar la producción y reducir el tiempo de producción. La lechuga es un buen caso de estudio por su alta absorción de nutrientes, poniendo un problema complejo para los controles manuales. El tema se complementa con los estudios de (Rius-Ruiz, Andrade, Riu, & Rius, 2014) en donde con materiales comunes y baratos logran automatizar de manera eficiente un sistema de cultivos hidropónicos y mejorar todos los indicadores de producción.

El mantenimiento de los sistemas de irrigación no es sencillo puesto que hay unos organismos que afectan positivamente el sistema y otros que lo afectan negativamente. En el manual básico de (Soria Campos, 2012) mencionan como las microalgas afectan negativamente ya que pueden entrar a competir por los nutrientes con las plantas productivas. Para este caso se utiliza principalmente el Hipoclorito de Sodio al 6%, ya que esa concentración elimina la mayoría de las algas. (Lee & Lee, 2015) estudian como la recirculación del agua se

¹ El rango 'Alto' varía dependiendo de la planta ya que la EC influye en el sabor de la planta.

presta como un escenario ideal para la propagación de fitopatógenos². Por ejemplo, el *Bacillus*, que es una bacteria que convive con el tomate, la zanahoria, la lechuga, entre otras y las toxinas que secreta pueden ser mortales para algunos insectos o patógenos, pero no para las plantas. Entonces la aplicación del *Bacillus* pudiera aumentar la productividad del cultivo, y reducir la aplicación de pesticidas e insecticidas durante el período de producción.

En ese orden de ideas, la aplicación o no de químicos abre una nueva dimensión en cuanto a la comercialización del producto. Ya que la reducción del tiempo de cosecha disminuye el riesgo de propagación de patógenos o pestes y termina reduciendo la cantidad de químicos aplicada y la intensidad de éstos, se abre entonces una puerta para satisfacer la necesidad de un mercado libre de pesticidas, o sencillamente para que los grandes comercializadores tengan un mejor control sobre el origen y la calidad de los productos que pasan por sus tiendas.

1.4.2 Marco Teórico

Se tomó como marco teórico para el estudio de factibilidad la metodología propuesta por (Sapag & Sapag, 2008) en su libro ‘Preparación y Evaluación de Proyectos’. Dentro de su metodología destacan cuatro estudios principales: estudio técnico del proyecto, estudio de mercado, estudio organizacional-administrativo-legal y estudio financiero. Se utiliza tanto para la creación de nuevos negocios como para negocios ya existentes. El caso de estudio implica la creación de un caso de negocio de cultivos hidropónicos en el Oriente Antioqueño.

1.4.2.1 Viabilidad Técnica

Los autores afirman que el primer estudio que debe realizarse es el técnico. Este permitirá entender la tecnología, los materiales, las capacidades físicas para realizar el proyecto y su disponibilidad. A partir de esto podrán identificarse gran parte de las inversiones iniciales necesarias para el montaje del proyecto y sus costos de operación para lograr las especificaciones deseadas. Dentro de estas inversiones y costos resaltan las inversiones en terreno, el montaje del centro de producción (con sus respectivas maquinarias y técnicas) y las materias primas e insumos para la producción.

Ellos también establecen la importancia de definir el tamaño que tendrá el proyecto para adecuar de manera proporcional las inversiones y costos encontrados, al tamaño del proyecto. Además, se debe definir la localización del proyecto porque a partir de esto pueden variar algunos costos como el valor del terreno. Por otra parte, recomiendan que en caso de existir

² Microorganismos que afectan el metabolismo de las plantas y absorben nutrientes de la membrana celular de la planta.

dudas entre varias posibilidades de tamaño y localización es importante seleccionar la que traiga mejores resultados financieros, analizando factores como valor de la inversión, costos del transporte y cercanía a los consumidores.

1.4.2.2 Viabilidad de Mercado

El segundo estudio que debe considerarse es el de mercado. En este estudio se procederá a entender la demanda potencial de la hortaliza seleccionada y el precio objetivo al cuál se podrá vender, para calcular más adelante los flujos financieros. Esto debe complementarse con un estudio que refleje todos los costos variables que incorpora el producto a partir del estudio de los proveedores. Por ejemplo, entre los costos variables inherentes al producto deben incluirse los costos adicionales en los que habrá que incurrir para llegar al mercado objetivo, como gastos de promoción y distribución de los productos. Adicionalmente, deben tenerse en cuenta factores externos que influyan en el precio de venta y los costos, como la estacionalidad.

En suma, según (Sapag & Sapag, 2008), este estudio debe centrarse en entender cuatro factores críticos: el consumidor para entender la demanda, la competencia para entender la oferta, la comercialización del producto para entender costos adicionales de llevar el producto al consumidor y los proveedores para entender la disponibilidad y el costo de los insumos.

1.4.2.3 Viabilidad Organizacional - Administrativa - Legal

En tercer lugar, debe realizarse un estudio organizacional-administrativo-legal. Primero, proponen enfocarse en el estudio organizacional-administrativo, definiendo la estructura organizacional necesaria para el correcto funcionamiento del negocio. Con esto se busca cuantificar las necesidades de personal y los conocimientos necesarios con sus costos derivados. Resaltan la importancia de identificar las funciones administrativas que se necesitarán para el proyecto y definir cuáles deben realizarse internamente y cuáles no. Con esto se podrá justificar la necesidad de empleados administrativos, de oficinas y otros elementos que pudieran incrementar los gastos.

Luego, los autores declaran que es importante considerar aspectos legales, puesto que estos traen consigo gastos adicionales. Es importante entender si la regulación de la región donde se realiza el proyecto puede traer gastos adicionales al proyecto. Dentro de las regulaciones, según los autores, es importante hacer énfasis en los aspectos tributarios para cuantificar los costos de la creación de empresa, los tributos específicos del producto y la región, las tasas arancelarias de materias primas, etc. Ciertamente es importante tener en cuenta los gastos legales propios del proyecto como contratos y asesorías legales que se necesiten.

1.4.2.4 Viabilidad Financiera

En el cuarto lugar se debe realizar el estudio financiero. Esta etapa busca recolectar toda la información documentada en los informes anteriores, y sistematizarla en un modelo. Dentro del modelo se debe dividir la información adquirida anteriormente en ingresos, costos, gastos, e inversiones. Adicionalmente, deben incluirse ingresos y costos no investigados en etapas anteriores como los ingresos financieros y el costo del capital de trabajo. El resultado final del modelo permitirá saber si el proyecto es rentable o no.

Ellos proponen realizar un cronograma de inversiones en donde se incluyan las inversiones necesarias para la puesta en marcha del proyecto, las que se necesiten posteriormente y las reinversiones. Resaltan la importancia de considerar la vida útil de estas inversiones y su valor residual para definir su precio de venta al final del proyecto.

Por otro lado, (Sapag & Sapag, 2008) afirman que los ingresos provendrán de lo obtenido en los estudios anteriores. Los ingresos estarán compuestos por los precios y cantidades identificados en el estudio de mercado y por el valor en libros de las inversiones en el momento de terminación del proyecto. De igual modo los costos y gastos estarán compuestos por los identificados en el estudio técnico, en el estudio de mercado y en el estudio administrativo y serán categorizados.

Finalmente, (Sapag & Sapag, 2008) declaran que con toda la información categorizada se puede proceder a evaluar el proyecto. Se propone realizar la evaluación a través del método de flujo de caja descontado. Aquí debe realizarse un flujo de caja para el proyecto y un flujo de caja para el inversionista para evaluar los resultados con y sin financiación. Para descontar el flujo se utilizará el WACC, tasa ponderada entre el costo de la deuda y del patrimonio. Para lograr una tasa de descuento más exacta se deben considerar el riesgo de la industria y el riesgo del país dentro del costo del patrimonio. El plazo de evaluación sugiere realizarse en un período de diez años, variable dependiendo del sector y la industria.

2 Metodología

2.1 Estudio Técnico

2.1.1 Sistemas de Riego

Gran parte de la información recolectada para los sistemas de riego fue obtenida de la prueba piloto explicada más adelante. Se complementó la teoría con los conceptos de (Controlled, n.d.; Hidroponía, 2018; Vibrant, 2019) y las visitas a Aura, Amanzi, Cultivos San Isidro, Hortifresco y conversaciones con Jorge Castrillón el agrónomo del proyecto.

2.1.1.1 Historia

Los cultivos hidropónicos son todos aquellos cultivos cuyo objetivo sea la eliminación total o parcial del suelo. Entendiendo que el suelo actúa como intermediario entre las raíces y los nutrientes, la eliminación podría aumentar la productividad al eliminar el gasto de energía en el crecimiento forzado de las raíces en terrenos saturados o de suelos duros. Este método de cultivo se ha venido desarrollando desde antaño, su máxima expresión siendo los Jardines de Babilonia. En tiempos modernos se han desarrollado separadamente diferentes tecnologías en diferentes países. Gericke desarrolla en 1940 un manual de cultivo para vegetales con soluciones nutritivas diluidas llamado “Complete guide to soilless gardening” (Guía completa para cultivo sin suelo).

Más adelante se popularizan los cultivos hidropónicos durante la Segunda Guerra Mundial al cosechar exitosamente frutas de gran calidad en las islas del Pacífico en donde los suelos eran áridos y los costos de transporte eran excesivamente elevados. En los años 60 el Dr. Alan Cooper desarrolla en Inglaterra el método Nutrient Film Technique (NFT) en donde logra optimizar el consumo de agua y los costos de producción a través de la recirculación de la solución nutritiva. Otros países como Israel han sabido explotar los cultivos como los sistemas de riego por goteo y la aeroponía, mientras que Japón desarrolló la acuicultura que es un tipo de cultivo circular entre la piscicultura y los cultivos hidropónicos.

2.1.1.2 Tipos de cultivos hidropónicos

Existen los cultivos con suelo o semi hidropónicos y los cultivos sin suelo, cada uno varía según las características del producto y el fin comercial que se tenga.

Los cultivos semi hidropónicos son aquellos que emplean la utilización de sustratos para el crecimiento de las plantas. Los sustratos permiten aislar las plantas o lotes de plantas de las demás para tener una utilización más eficiente de los recursos hídricos y nutritivos o para reaccionar de mejor manera ante posibles contingencias o brotes descontrolados de pestes que puedan afectar comercialmente el producto.

Los cultivos hidropónicos son aquellos que reemplazan completamente la utilización del suelo, sin siquiera utilizar sustratos. El alimento es proporcionado directamente a través de la solución nutritiva según el requerimiento de la planta y la técnica depende no sólo del tamaño sino también de la resistencia de las raíces pues en las técnicas hidropónicas las plantas están expuestas a mayores niveles de humedad. Entre las principales técnicas se encuentran las mencionadas a continuación y en la Imagen 1:

2.1.1.2.1 Sistema de flujo y reflujo (Ebb and Flow):

Consiste en bombear la solución nutritiva programada con un temporizador hacia las plantas, que están sembradas sobre sustratos. Luego, por gravedad, el líquido no absorbido regresa al reservorio para ser recirculada.

2.1.1.2.2 Sistema de mecha: (Wick System):

Su diseño es similar al mencionado anteriormente, la diferencia está en que el agua no es bombeada mecánicamente, sino que el sistema funciona por absorción. El sustrato se utiliza para imitar un ambiente natural y facilitar la absorción de agua manteniendo la retención de agua necesaria. El problema está en la oxigenación del agua, que al no tener movimiento tiende a estancarse.

2.1.1.2.3 Sistema NFT (Nutrient Film Technique):

Es una de las técnicas más utilizadas entre los cultivadores debido a su equilibrio entre la oxigenación del agua y el consumo energético. Consiste en un sistema de camas, cada cama compuestas por varios tubos instalados con una inclinación de por lo menos 3%. La solución nutritiva es bombeada con un temporizador en intervalos regulares y recirculada nuevamente en el reservorio original. Tanto la pendiente como la caída del agua en el reservorio oxigenan el agua manteniéndola en los rangos ideales para el crecimiento de la planta. Como los tubos son pequeños, el nivel de enraizamiento puede convertirse en un obstáculo para el flujo del agua, determinando la distancia entre las plantas y el tipo de planta permitido.

2.1.1.2.4 Sistema de raíz profunda (Deep Water Culture):

Se asemeja más al sistema de mecha mencionado anteriormente, la principal diferencia es que en este caso se reemplaza completamente el sustrato y las plantas están en contacto directo con la solución nutritiva. Requiere de válvulas de oxigenación para evitar el estancamiento y permitir la absorción por parte de las plantas. Permite plantas de mayor capacidad, siempre y cuando toleren los niveles de humedad y saturación de agua del sistema.

2.1.1.2.5 Sistema por goteo (Drip system):

El sistema por goteo puede utilizarse con o sin sustrato, y puede utilizarse tanto en cultivos hidropónicos como en cultivos tradicionales. Consiste en bombear líquido de la solución nutritiva en las cantidades exactas requeridas por la planta. Se optimiza la utilización de recursos energéticos, y el consumo de agua cuando es en el exterior. Se vuelve a incurrir en problemas de oxigenación.

2.1.1.2.6 Sistemas aeropónicos (Aeroponics system):

El agua es pulverizada a través de válvulas especiales y un sistema de bombeo con mayor presión que los demás. Optimiza aún más la utilización de recursos ya que la oxigenación es aún mayor que en los otros sistemas. Al estar las plantas expuestas a la solución pulverizada contra caudales de agua o directamente en el estanque, las plantas sufren menos por la saturación de agua. La instalación es menos costosa como consecuencia de la utilización y mantenimiento de las válvulas de pulverización.

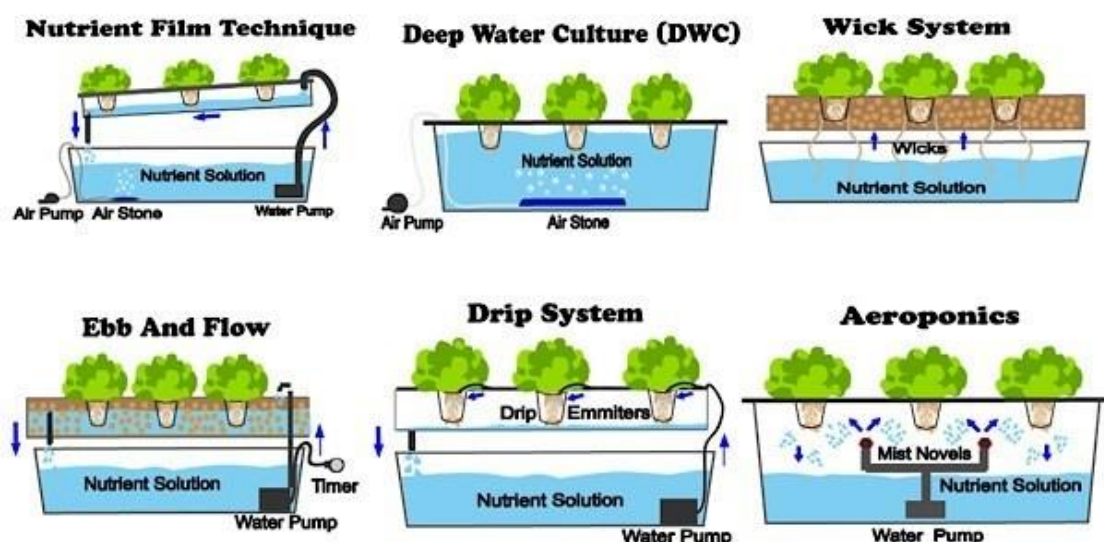


Figura 1. Sistemas de Cultivos Hidropónicos

Tomado de: No Soil Solutions. (2019) 6 Types of Hydroponic Systems. <http://www.nosoilsolutions.com/6-different-types-hydroponic-systems/>

2.1.1.2.7 Observaciones tipos de cultivos

Para el estudio se utilizará la técnica NFT ya que es ampliamente utilizada en el Oriente Antioqueño y es más fácil incorporar conocimiento externo con esta técnica. Además, la precariedad del sistema permite que se utilicen materiales ordinarios y más baratos que para otros sistemas, como el goteo o los aeropónicos, que tienen aspersores y válvulas especiales de difícil mantenimiento y elevado costo.

2.1.1.3 Ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos con sistema NFT en comparación con los cultivos tradicionales en suelo:

	Ventajas	Desventajas
Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento del número de cosechas por año - Aumento de la producción por metro cuadrado - Mayor calidad del producto al crecer en ambientes controlados - Uniformidad en la cosecha 	<ul style="list-style-type: none"> - El producto es muy sensible a cambios en la alimentación - Requiere de un mayor nivel de conocimiento y control
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere de preparación del suelo entre ciclos - No hay saturación del suelo - No depende de las propiedades del suelo - Se puede acomodar fácilmente al desnivel del terreno 	
Plagas y enfermedades	<ul style="list-style-type: none"> - No hay riesgo de contagio de pestes ni insectos de suelo 	<ul style="list-style-type: none"> - La humedad genera ambientes favorables para propagación de hongos y bacterias - Requiere de un mayor nivel de atención diario
Pesticidas	<ul style="list-style-type: none"> - No necesita la utilización de pesticidas, pero de 	

	utilizarse la aplicación es mínima en comparación con los cultivos en suelo ³	
Clima	<ul style="list-style-type: none"> - La utilización de un invernadero genera un aislamiento total o parcial. El total aísla contra plagas y el parcial contra la lluvia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las temperaturas pueden ser elevadas si no hay un sistema de ventilación - Aumento de la humedad del ambiente a niveles ideales para la proliferación de hongos
SISO	<ul style="list-style-type: none"> - La estructura de los cultivos permite trabajar en condiciones más aptas para el cuerpo humano ⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> - Apropiar el terreno requiere altos costos de inversión y conocimiento.

2.1.1.4 Herramientas

2.1.1.4.1 Tubos PVC

El tamaño de tubería suele ser entre 2 y 3 pulgadas de diámetro y dependen principalmente de tipo de planta utilizada. Para arbustos o plantas más grandes como el tomate se utilizan de 3 pulgadas, ya que hay un enraizamiento mucho más denso que en el caso de las lechugas, en donde el cultivo tolera perfectamente tubería de 2 pulgadas. La medida también influye si se van a utilizar o no canastillas o espumas en el trasplante, en donde se tiene que

³ La lechuga se fumiga ocasionalmente contra los áfidos o pulgones. El insecticida se aplica una vez, a las dos semanas de trasplantada la lechuga, para aumentar la efectividad de la aplicación. Hay que tener en cuenta la toxicidad de el insecticida porque algunos eso podría afectar el tiempo de recolección.

⁴ Se trabaja a una altura entre 60cm y 1m aproximadamente, altura ideal para la postura y esfuerzos en el hombro.

calcular correctamente que el tallo de la planta quede por encima del nivel del tubo y las raíces en contacto con el flujo del agua.

Hay dos tendencias, la primera es comprar tubería de PVC con materiales resistentes al crecimiento de algas o también se puede comprar tubería de recolección de aguas ya que es la menos costosa y recubrirla manualmente con algún tipo de alguicida. La otra tendencia es comprar tubería eléctrica, que viene en color verde, y hacer el cultivo en tubería de este color. Ambas medidas evitan el crecimiento de algas y otros microorganismos, causantes de la transmisión de algunas enfermedades y principal fuente de competencia de las plantas a nivel nutricional. La tubería de color verde evita el crecimiento de algas ya que las ondas de color verde son las únicas presentes dentro del tubo y este rango de color es el único que las plantas no son capaces de absorber.

2.1.1.4.2 Espaciamiento entre plantas

El espaciamiento entre cada orificio depende principalmente del tipo de hortaliza o planta que se va a utilizar. También depende de la propuesta de negocio que se busca ya que se pueden conseguir lechugas desde 200 hasta 500 gramos o más. Un buen gramaje para la lechuga es entre 250g-300g ya que son más atractivas comercialmente y la demanda aumenta considerablemente. El espaciamiento entre planta y planta puede estar entre 18 y 20 centímetros. Para las plantas de 500g mencionadas anteriormente se utiliza una distancia entre plantas de alrededor de 30 centímetros.

El cálculo del espaciamiento toma en cuenta tres principales variables: la competencia, la higiene y la facilidad de cosecha. La competencia entre plantas se da cuando el cultivo alcanza una densidad por metro cuadrado muy elevada, y las plantas se convierten en obstáculos entre ellas mismas a nivel de absorción de luz y de espacio. Ésta se evita al separar las plantas lo suficiente para que en ningún momento tengan que competir entre ellas por luz o nutrientes. La competencia por luz genera un fenómeno de crecimiento del tallo, en donde las plantas tienen que disponer una mayor cantidad de energía para crecer verticalmente en lugar de hacer crecer las hojas. Esto tiene como consecuencia que, aunque el peso final del producto sea similar, el porcentaje comestible disminuya y en el mismo orden de ideas disminuye también el valor comercial del producto.

La higiene quiere decir que evitar un contacto entre las plantas, hasta por lo menos una etapa madura de crecimiento reduce significativamente la propagación de hongos e incluso algunos insectos. Por lo tanto, se minimiza la utilización de pesticidas y fungicidas notablemente, un valor agregado atractivo para el mercado. Además, en complemento con el espaciamiento entre las plantas, una mayor visibilidad del cultivo permite intervenir a tiempo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

las plantas afectadas por los diferentes tipos de patógenos; reduciendo significativamente el porcentaje de cultivo afectado y aumentando la calidad de la cosecha y su valor comercial.

Finalmente se facilita el período de cosecha ya que, al haber un espaciamiento ideal, el enraizamiento se hace de forma natural y no hay un cruce fuerte de raíces entre plantas, lo que facilita la cosecha y reduce la fuerza necesaria aplicada en la cosecha de cada planta. Los beneficios principales son que se reduce el tiempo de cosecha y se elimina cualquier tipo de lesión laboral que podría sufrir el trabajador en el hombro al hacer algún esfuerzo indeseado.

2.1.1.4.3 Bomba

Hay dos tecnologías, centrífugas o periféricas, y cada una define la posición del reservorio de agua en relación con la entrada y la salida de agua de los tubos. La primera entrega una mayor presión entonces es más utilizada al asegurar una uniformidad en el caudal de cada una de las mangueras de alimentación. La segunda también es utilizada pero generalmente se usa cuando hay menos plantas o tubos de irrigación en el sistema. Independientemente del sistema utilizado, lo importante es que haya un caudal por tubo de entre 1 y 2 litros por minuto. Este caudal asegura un porcentaje de oxigenación ideal, aumentando la absorción de nutrientes de las plantas. Una cantidad menor a la indicada genera poco caudal y ocasiona deficiencias nutricionales, y una cantidad mayor puede generar una saturación de agua en las raíces y generar podredumbre.

Un error común al instalar la bomba es no tener en cuenta que se requiere de un tubo recirculante que permite que el flujo sobrante reingrese libremente al reservorio. La condición es que la salida de este segundo tubo no esté obstaculizada de ninguna manera ya que el propósito es liberar la presión acumulada en el sistema.

2.1.1.4.4 Temporizador

Independiente de la tecnología, analógico o electrónico, se requiere la utilización de un temporizador que ponga en funcionamiento el sistema de bombeo hidráulico. El temporizador analógico funciona mecánicamente, con un sistema interno similar al de un switch, que permite configurar los intervalos de tiempo según la capacidad del sistema. El temporizador electrónico funciona de igual manera, la diferencia está en la configuración, que se hace a través de un panel similar al de un reloj despertador digital. Algunas personas recomiendan intervalos de cinco (5) minutos, es decir cinco minutos prendida y cinco minutos apagada, y otras personas recomiendan intervalos de quince (15) minutos. Esto permite el equilibrio entre la humedad y la cantidad de agua, evitando podredumbre y propagación de hongos.

2.1.1.4.5 Sistema de tuberías y mangueras

El sistema de tubería y mangueras está compuesto por: la entrada y salida de la bomba hidráulica, las mangueras de alimentación y el sistema de recolección de aguas. La entrada y salida de la bomba hidráulica tiene que ser instalada en tubería de presión, con el propósito de no deformarse o reventarse con el tiempo debido al poder de la bomba. La tubería de presión surte las mangueras de alimentación, una manguera de dieciséis milímetros (16mm) para cada cama que luego desencadenan en mangueras más pequeños de cuatro milímetros (4mm) para cada tubo. En cada cama hay una llave que permite detener o liberar el flujo, para dar más flexibilidad en la producción y permitir hacer lavados o mantenimientos programados. Al final de cada tubo se recoge el agua en mangueras y una tubería mayor, la cual se recircula en el tanque de almacenamiento produciendo una caída libre de por lo menos treinta (30) centímetros para generar un nivel de oxigenación aceptable en el agua.

2.1.1.4.6 Granada

Lo más importante del sistema hidráulico es la confiabilidad, el temporizador tiene que tener la capacidad de arrancar la bomba sin ningún tipo de intervención humana. Por este motivo hay dos rutas de trabajo. La primera es utilizar una bomba autocebante, es decir que la bomba tenga capacidad para llenar los tubos de succión por si misma y eliminar los vacíos de aire que puedan obstaculizar y detener el sistema más adelante. El segundo sistema y el más económico es utilizar una granada en el extremo del tubo de succión.

Una granada es un sistema utilizado para evitar el contraflujo de agua en los sistemas hidráulicos, en caso de haber un contraflujo el tubo de succión podría vaciarse y llenarse de aire. Al llenarse de aire, la bomba no tiene suficiente fuerza para eliminar el vacío debido a la capacidad de compresión del aire. Por lo tanto, no arranca. El sistema de resortes de la granada facilita la succión mientras que se cierra cuando no está funcionando para prevenir este fenómeno.

El teflón viene en presentaciones líquidas o en cinta, y su compuesto politetrafluoroetileno es un polímero utilizado en muchos sectores de la industria. Desde el sector aeroespacial gracias a su habilidad para soportar grandes variaciones de temperatura, hasta el sector industrial en donde se utiliza en roscas y uniones ya que su capacidad antifricción le permite actuar como un aislante ideal. Junto con la granada, son herramientas complementarias para evitar la entrada de aire en el sistema y permitir el funcionamiento automatizado en sincronía con el temporizador utilizado.

2.1.1.4.7 Filtros

Los filtros se utilizan en dos momentos diferentes: antes de ingresar a la bomba y antes de ingresar al tanque. El filtro de la bomba tiene que ser mucho más profesional, integrado al sistema de tuberías de presión, para evitar cualquier posible daño en la turbina de la motobomba. El segundo filtro puede ser de tipo manual, y va desde filtros de arena hasta mallas. El filtro más común, utilizado en tres de los cuatro cultivos visitados es una media velada amarrada de las tuberías de recirculación. Como el agua recircula por gravedad, no hay necesidad de tener un sistema que resista altos niveles de presión. Y como el material filtrado no es rocoso, si no que está compuesto principalmente por la turba que son las raíces y la tierra, no hay mayor riesgo de ruptura ni desgaste.

2.1.1.5 Semilla y germinación

La especialización consiste en aumentar la productividad del negocio reduciendo los costos variables considerablemente. Por esta razón se encuentran tres tipos de negocios en el sector agrícola: las casas de semillas, los plantuladeros y los centros de producción y cosecha. El estudio parte desde el momento de la producción, por lo tanto, no se consideran los costos de producción de ninguna de las otras áreas, sino que se adquieren los alveolos directamente. Existen algunas empresas como Germioriente, Tecniplantas o Cultivos Mil Colinas especializadas en la germinación de semillas, conocidos como plantuladeros. Estas empresas ofrecen una variedad de opciones de productos y de tamaños, para el estudio se obtienen las plántulas en alveolo grande para reducir el tiempo de producción y la posibilidad de muerte en el momento del trasplante. De lo contrario habría que hacer una gran inversión en infraestructura que sólo se volvería rentable con una producción masiva de hortalizas. En el caso de Germioriente, tienen capacidad para producir hasta dos millones de plántulas (2.000.000) mensualmente. Frente a un cultivo hidropónico grande de una hectárea (1 Ha), que podría producir entre ciento cincuenta y doscientas mil plantas por ciclo (150.000-200.000. Es obvio entonces el beneficio de adquirir las plántulas, especialmente para pequeños y medianos productores, ya que no incurren en gastos elevados de inversión y operación.

2.1.1.6 Trasplante

Los alveolos se trasplantan manualmente, y se colocan en los orificios de los tubos que pueden estar apoyados en canastillas plásticas, en recortes cuadrangulares de espuma de poliuretano del diámetro del tubo por un centímetro de alto, o insertados directamente en el orificio sin ningún tipo de apoyo.

Para trabajar sin ningún tipo de apoyo es imperativo trabajar con alveolo grande ya que el peso le reduce significativamente el riesgo a la plántula de ser llevada por la corriente,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

generando podredumbre en algunas hojas al quedar atrapadas en ambientes húmedos y de poca luminosidad, convirtiéndose en ambientes aptos para el desarrollo de hongos. Además, hay que poder controlar el caudal de agua con la válvula de entrada adecuadamente para reducir aún más el riesgo mencionado anteriormente.

En el caso específico cuando se utilizan tubos de PVC de diámetro de 2 pulgadas, el orificio se crea con una broca sierra de diámetro 44 milímetros, que coincide con el diámetro de un vaso de plástico de una onza y media (1 ½ oz), también conocido como copa aguardientera. Esta copa, al ser modificada removiendo la parte inferior y un corte vertical permite sustituir las canastillas plásticas con un menor precio. La diferencia es que hay que remover las copas en la mitad de la cosecha, lo que requiere un trabajo adicional de mano de obra.

2.1.1.7 *Sustrato*

Los cultivos hidropónicos, dependiendo de la planta o arbusto requiere de un tipo de tecnología especial. Las tecnologías pueden variar desde aquellas que utilizan sustratos hasta aquellos que lo eliminan completamente. La tecnología de riego puede definir el sustrato utilizado, como en los riegos por aspersión, por goteo o localizados que sí utilizan sustratos. Por otro lado, están las tecnologías de raíz flotante, técnica NFT y aeropónicos que eliminan completamente la utilización de sustratos.

Los sustratos se separan entre orgánicos e inorgánicos. Los principales atributos son: la densidad, el espacio poroso total, retención de agua, y la estabilidad química. Los sustratos orgánicos generalmente son subproductos de otros procesos industriales y se caracterizan por los bajos costos y su buena absorción de humedad, alrededor del 50% de retención de humedad para la mayoría de los productos. Algunos de los sustratos orgánicos son: cascarilla de arroz, fibra de coco, hoja de pino, musgos importados, aserrín, entre otros. Cada uno de los productos tiene sus propiedades y es utilizado con diferentes fines. Por ejemplo, el musgo es utilizado principalmente para la etapa de germinación ya que tiene una absorción superior a los demás (70%), para la producción la cascarilla de arroz y las fibras se pueden mezclar con sustratos inorgánicos para encontrar un equilibrio de las propiedades del sustrato, y así sucesivamente. Los sustratos inorgánicos varían entre aquellos que tienen una alta porosidad y por lo tanto una buena aireación y aquellos que tienen una alta retención del agua. Además de ser más limpios al estar prácticamente libres de microorganismos cuando son tratados correctamente entre ciclo y ciclo. Algunos sustratos inorgánicos son: perlita, vermiculita, grava, piedra pómez, arcilla expandida o arena de río.

2.1.1.8 Crecimiento

2.1.1.8.1 Preparación y limpieza del sistema

Al instalar el sistema hay residuos de PVC en cada tubo debido a las perforaciones que se hicieron en su momento con la broca sierra, motivo por el cual es importante limpiar con agua e hipoclorito de sodio antes de la primera utilización. También hay que retirar manualmente objetos de PVC que hayan quedado en los bordes ya que tienden a ser filosos y podrían maltratar las raíces de la planta durante la producción y durante la etapa de recolección principalmente.

Entre cosechas hay que limpiar de nuevo las tuberías con hipoclorito de sodio y yodo, para eliminar el material orgánico remanente del período de cosecha. Los remanentes son principalmente la turba, las raíces y tierra, y el alga que crece principalmente en los huecos de las plantas que tuvieron que ser removidas durante la cosecha. El material orgánico, al no ser controlado, se presta para la propagación de enfermedades y hongos pues tiene una mayor recirculación en el sistema.

2.1.1.8.2 Nutrición

Como lo dijo Jorge Castrillón (comunicación personal, 2019) durante la asesoría, las nutriciones pueden ser primarias o preparadas. Las soluciones primarias son aquellas que se mezclan directamente con nutrientes mientras que las preparadas son compradas externamente y ya vienen preparadas por los especialistas según el fin del cultivo. Ambas están compuestas de macronutrientes y micronutrientes u oligoelementos y pueden ser determinantes para acelerar la curva de crecimiento de la planta. Hay dieciséis (16) nutrientes principales y se dividen en dos categorías principales. (Hidroponía, 2018)

- Macroelementos:

Se caracterizan por encontrarse en grandes cantidades en relación con la materia seca del producto, la deficiencia de alguno de los macroelementos podría generar problemas de la absorción de nutrientes y verse reflejado en marchitamiento, desnutrición o un color amarillo pálido.

Tabla I. Macroelementos

Tipo	Nutrientes
Macroelementos Principales	Hidrógeno Oxígeno Carbono

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

	Fósforo Nitrógeno Potasio
Macroelementos Secundarios	Calcio Magnesio Azufre

Microelementos:

Tabla II. Microelementos

Tipo	Nutrientes
Microelementos	Cloro Hierro Boro Manganeso Zinc Cobre Níquel Molibdeno

(Hidroponía, 2018) (Gabriel et al., n.d.)

2.1.1.8.3 pH y Electroconductividad (EC)

El pH define la acidez o alcalinidad de la solución, para las plantas en suelo se manejan niveles de pH entre 6.0 y 7.0, pero para la hidroponía se manejan niveles más ácidos y los rangos están entre 5.5 y 6.5. Para el cultivo de lechugas y otras hortalizas, se recomienda manejar un nivel de pH lo más cercano a 6.0 ± 0.2 . Cualquier nivel por fuera del rango empieza a desarrollar deficiencias en la absorción de algún tipo de nutriente o incluso favorece el crecimiento de algas y esparcimiento de enfermedades.

Para la Electroconductividad (EC) existen dos tipos de medida, las Partes por Millón (PPM) o los micro Siemens (μS). Varía principalmente según la capacidad del medidor multiparamétrico. Los rangos varían fuertemente según el clima, la temperatura ambiente promedio y el nivel de luminosidad. Así que es crucial discutirlos con los especialistas a la hora de calibrarlo. Como lo dijeron Amanzi, Cultivos San Isidro y el Agrónomo Jorge Castrillón en

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

sus visita (comunicación personal, 2019), con cultivos en el oriente antioqueño y la zona rural de Envigado, prefieren manejar unos niveles de EC levemente superiores a los 2000 μ S.

2.1.1.9 Enfermedades y plagas

Los hongos o plagas mencionados a continuación son los más comunes y de mayor índice de propagación, cualquier otra peste puede variar de región en región y tendría que ser consultada con los especialistas. Las siguientes fueron tomadas de (Gabriel et al., n.d.; Hidroponía, 2018).

Podrición gris: Ocasionado por el hongo botrytis cinerea, genera lesiones en la base del tallo y algunas hojas. Cuando el hongo madura puede formar micelio color gris (filamentos similares a una telaraña densa). Se propaga especialmente al tener una temperatura que ronda los 20°C y alto porcentaje de humedad.

Mildiu: Ocasionado por el hongo brevia lactucae, se presenta mucho en los cultivos hidropónicos y de invernadero. Se presenta en cualquier etapa del cultivo y los zoosporangios son arrastrados por grandes distancias por el viento. Los síntomas se ven reflejados en manchas cloróticas principalmente.

Moho polvoriento / powdery mildew: El hongo erysiphe cichoracearum se presenta principalmente en temperaturas más elevadas con altos niveles de humedad, como en los cultivos hidropónicos. Los síntomas son capas de micelio blanco que se disemina fácilmente. Se almacenan en malezas, por lo que hay que eliminar completamente las malezas vecinas al cultivo.

Vena ancha de la lechuga: Sus ramas provienen o del Lettuce big-vein virus (LBVV) o del mirafiori lettuce big-vein associated virus (MLBVaV). El síntoma principal se ve en el tamaño del tallo de la hoja, que crece indiscriminadamente mientras que las hojas son malformadas y la lechuga no crece correctamente.

Áfidos o pulgones: Tienen presentaciones aladas y ápteros, son fáciles de combatir siempre y cuando se descubran a tiempo y el tamaño de la lechuga así lo permite teniendo en cuenta que cuando entran en un estado de madurez el follaje se cierra y los insectos quedan protegidos.

Trips: Son insectos que tienen varias etapas de madurez, las ninfas dejan los huevos justo debajo de la epidermis, ocasionando lesiones foliares. En estado adulto son alados y se propagan fácilmente. Las lesiones son cloróticas y generan grandes pérdidas comerciales. Se combaten de manera similar a los áfidos, el nivel de dificultad depende más del tamaño de la lechuga que de la plaga per se.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.1.1.10 Recolección

El número de procesos puede variar dependiendo de los requerimientos del cliente. Pero los macroprocesos que pueden existir por parte del producto, de manera genérica son: la recolección y la preparación y empaque. El primer proceso es genérico para todos los productores y el segundo es el que da la flexibilidad y se ajusta según el cliente.

La recolección consiste en tomar las plantas tal y como salen de las camas y llevarlas a los centros de acopios en donde luego son empacadas y procesadas. El proceso es básico, pero a continuación se dan unas prácticas comúnmente utilizadas por los productores para agilizar y evitar cualquier tipo de daño mecánico. Se utilizan canastillas y se transportan internamente hasta 15 plantas por canastilla, un número mayor implica maltrato en las hojas y además puede generar ineficiencias en el proceso porque se aumenta el tiempo de recolección por planta. El proceso consiste en agarrar la planta desde el tallo y arrancarla con todo y raíz del tubo. Mientras menor sea el contacto con la planta menor es la probabilidad de maltrato; por lo tanto, es esencial nunca agarrar una planta desde las hojas. Para mejorar la calidad de los procesos se recomienda desinfectar las canastillas ⁵entre usos⁶ y utilizar bolsas canastilleras, evitando el contacto entre agentes contaminantes y las plantas recolectadas.



Figura 2. Bolsa canastillera

Luego son transportadas hasta el centro de acopio en donde una persona u otro grupo de personas se encargan de realizar los procesos de aquí en adelante. El transporte interno depende de los recursos de cada productor y pueden ir desde caminadas de decenas de metros hasta transporte motorizado interno como cuatrimotos u otro medio de transporte. Hay que tener en cuenta que una persona puede transportar cómodamente únicamente hasta dos (2)

⁵ Las canastillas se desinfectan regularmente entre usos, especialmente cuando vienen de ser transportadas en camiones cuyos otros fletes sean desconocidos. La idea es que se separen las canastillas en dos grupos: las de uso interno y externo.

⁶ Entre usos se refiere a jornadas de recolección o transportes. No se refiere particularmente a cada viaje realizado por el recolector entre la cama y el centro de acopio.

canastillas por viaje como lo indicaron en la visita al Cultivo San Isidro (Comunicación Personal, 2019), lo que invita seriamente a pensar en alternativas para reducir este tiempo de caminata interno al mínimo posible.

Tras ser transportadas hasta el centro de acopio, la primera función consiste en deshojar las hojas malas, que normalmente son las de la fila exterior. Una buena práctica durante el período de producción es no retirar nada que no sea estrictamente necesario. Es decir, retirar principalmente las hojas o las lechugas que tengan hongos y que generen un riesgo de contagio. Es normal ver hojas de color amarillo, con una textura suave en la fila exterior. Esto se explica porque las lechugas crecen del centro hacia afuera, entonces las hojas exteriores son las más viejas y las que salieron en otras etapas de madurez de la planta. También son las hojas que tienen contacto directo con el tubo, que en ocasiones puede tener temperaturas elevadas y las que tienen menor contacto con la luz solar pues están tapadas por el resto del cultivo. De esta manera, remover las hojas sólo logra que la siguiente fila se dañe y el porcentaje removido en el momento de empacar sea mucho mayor.



Figura 3. Hoja amarilla o seca

El siguiente paso es empacar las lechugas en bolsas capuchonas y las raíces en una bolsa hidratadora para mantener la lechuga más fresca durante más tiempo. La bolsa hidratadora tiene agua y viene sellada con un caucho enrollado para evitar la fuga de agua. Es recomendable que una persona se encargue de deshojar mientras que otra se encargue de empacar. Bien si los cultivos en agua no utilizan tierra, hay materia orgánica proveniente desde la etapa de la germinación y la turba que no son lavados por la corriente de agua. Si se separan las funciones, el producto empacado es mucho más limpio y atractivo para el cliente.

Al ser empacadas se reduce considerablemente el espacio ocupado y eso permite que se puedan empacar hasta 20 lechugas por canastilla ⁷ en la presentación final. Por consiguiente, se aumenta la eficiencia en el proceso de empaque y se reduce el costo de transporte reflejado en el precio unitario significativamente.



Figura 4. Lechugas empacadas

2.1.2 Prueba Piloto

Durante el desarrollo del proyecto se realizó una prueba piloto a pequeña escala de cultivos hidropónicos en una finca en El Retiro, Antioquia. La construcción fue encargada a John Jairo Castro y Johny Marín de Invernaderos & Soluciones. El asesoramiento técnico fue encargado a Jorge Castrillón, agrónomo especializado en cultivos hidropónicos con sede en Guarne. También se visitaron varios cultivos y germinaderos durante el proceso como Amanzi, Cultivo San Isidro, Aura, Germioriente y se tuvo contacto con Hortifresco, de Bogotá.

Se utilizó un terreno plano, con fuente de nacimiento y limpia. Se tuvo una colaboradora permanente encargada de tomar dos muestras diarias con fines correctivos de pH y EC, que también ayudó durante la recolección. Se visitó por lo menos dos veces a la semana para registrar fotográficamente el desarrollo del proyecto y cooperar en el retiro de plantas infectadas para evitar una propagación acelerada de patógenos.

Se contrató inicialmente a John Gómez, de Tecniplantas para la construcción del invernadero. Como el proyecto es de pequeña escala, él transfiere el trabajo a Invernaderos & Soluciones. El cultivo se diseña para 2000 plantas aproximadamente, y queda listo con cuatro (4) camas de ocho (8) tubos cada una, con una capacidad de producción de dos mil cuarentaiocho 2048 plantas. Las dimensiones del cultivo son catorce (14) metros de largo por

⁷ Las canastillas de empaque son las Cajas Fruver con medidas 60 x 40 x 25 como se consiguen en Estra.

diez (10) de ancho. Se utiliza un tanque ya existente de 1000 litros, un poco sobredimensionado para la magnitud del cultivo y una bomba centrífuga Pedrollo con caudal máximo de ochenta (80) litros por minuto. El proyecto inicial estaba diseñado para tener una duración de veintiocho (28) días.

Tabla III. Características Prueba Piloto

Unidad Productiva Piloto	
No. de camas	4
No. de tubos por cama	8
Ancho cama	1.5
Largo cama	12
Área cultivable	72
Ancho invernadero	10
Largo invernadero	14
Área Invernadero	140
Porcentaje Cultivable	51.43%
No. de plantas por tubo	64
# de días por Ciclo	40
No. de plantas por unidad productiva	2,048
Desperdicio plantas	42
Factor Desperdicio	2.05%

Por las condiciones meteorológicas y por la demanda del mercado se terminó alargando un poco el ciclo pensado inicialmente, y más cuando no se conocía el ciclo de crecimiento de la lechuga. El producto es comercializable a partir de ciento ochenta gramos (180g), pero en general el sector busca el producto con un peso promedio de doscientos cincuenta gramos (250g). La lechuga se ve beneficiada por días soleados, la época de lluvias disminuye la intensidad solar y ésta se termina viendo reflejada en el crecimiento de la lechuga.

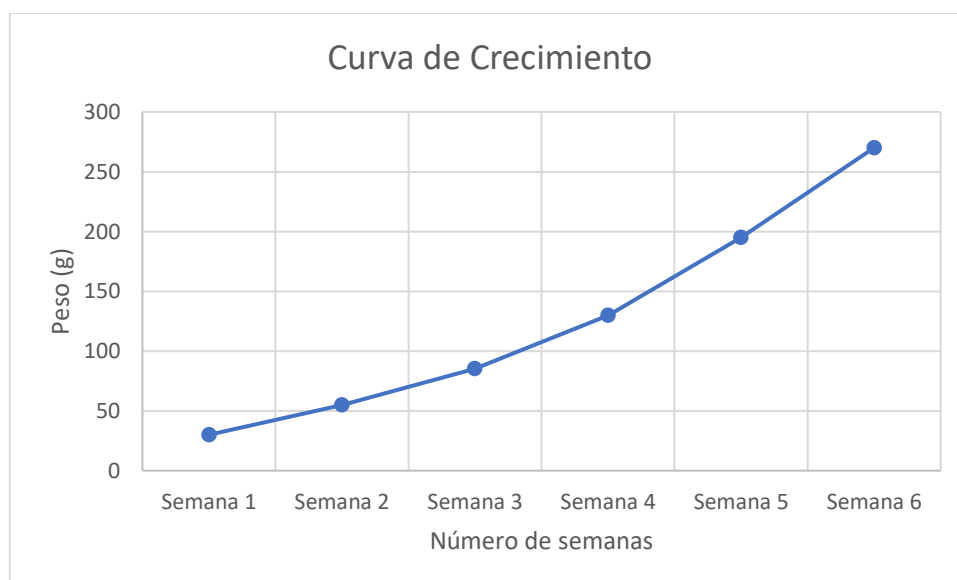


Figura 5. Curva de Crecimiento

En la tabla se muestra la curva de crecimiento de la lechuga aproximada según un muestreo periódico que se le realizó semanalmente a las mismas 20 lechugas. No se tenía una balanza electrónica, entonces la medición tiene por lo menos un error de ± 5 gramos más posibles errores procedimentales.

La cosecha fue vendida a Amanzi, empresa especializada en mix de lechugas y un público compuesto principalmente por restaurantes. Se vendieron 1755 plantas, con un peso promedio de 250 gramos, a 750 pesos la unidad. El desperdicio fue únicamente de 42 plantas durante el ciclo de producción. El resto de la producción fue entregada como muestras o utilizada para fines propios. La tasa de desperdicio final es de 2.05%.

Tabla IV. Venta real de lechugas

Venta real	
No. de plantas	1,755
Precio por kilogramo negociado	3,000
Peso promedio	0.25
Precio negociado por unidad	750

Finalmente, y tal vez el resultado más importante de la prueba piloto fue que se logró calcular el costo unitario de producción, calcular la tasa de siembra, recolección y empaque por empleado y se conoció el número de unidades que caben por canastilla en la presentación final.

Tabla V. Costo de Transporte Negociado

Transporte	
<u>Gasto Transporte</u>	<u>Por canastilla</u>
Gasto de Transporte por canastilla	\$ 3,000
Unidades por Canastilla	20
Valor Unitario Transporte	150

Tabla VI. Cálculo Costos Variables

Costos Variables	Costo Total	Duración (Ciclos)	Costo Total Por Ciclo	Cantidad Plantas	Costo Unitario
Plántulas - Alveolo grande	67,200	1.00	67,200	2,100	32.00
Soluciones Nutritivas	73,000	1.20	60,833	2,100	28.97
Correctores de pH	20,000	4.00	5,000	2,100	2.38
Trampas para mosquitos	2,000	0.25	8,000	2,100	3.81
Hipoclorito de Sodio	7,000	1.00	7,000	2,100	3.33
Electricidad (kW/h)	20,000	0.75	26,667	2,100	12.70
Bolsas Capuchonas	67,200	1.00	67,200	2,100	32.00
Hidratadores	14,700	1.00	14,700	2,100	7.00
Soluciones de Calibración pH	280,000	9.13	30,685	165,486	0.19
Total					122.38

El costo unitario de las soluciones de calibración del pH se ajustó con la producción anual proyectada, pues éste no varía según el número de unidades producidas sino más bien por el número de calibraciones⁸.

Para cuantificar las necesidades de empleados operativos se realizó un estudio de tiempos para las diferentes funciones. Se identificó que un empleado puede sembrar una lechuga cada cinco (5) segundos, recolectar una lechuga cada treinta (30) segundos y empacar una lechuga en 30 segundos. A partir de eso se calculó la productividad máxima por empleado por tipo de trabajo, con el fin de determinar cuántos empleados son necesarios por número de plantas producidas diariamente.

Tabla VII. Estudio del Tiempo Observado

Estudio de Tiempo		
Tiempo de Recolección	seg	30
Tiempo de Empaque	seg	30
Tiempo de Siembra	seg	5

⁸ El número de calibraciones depende del número de tanques y no plántulas, cuya variación no es significativa.



Figura 6. Sistema NFT



Figura 7. Plantas en etapa inicial

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figura 8. Plantas a las 4 semanas



Figura 9. Plantas en etapa madura (6 semanas)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figura 10. Espaciamiento entre plantas



Figura 11. Lechuga mediana (4 semanas) con raíz saludable

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figura 12. Bacteria propagada por mosca



Figura 13. Planta afectada por insectos



Figura 14. Tierra y turba del trasplante

2.1.3 Escalabilidad del Proyecto

Se buscó optimizar la producción de plantas para cada unidad productiva con base en la prueba piloto. El orden de optimización fue: maximizar el número de plantas por unidad productiva, calcular el número de unidades productivas, hacer las deducciones generales para habilitar las oficinas, el centro de empaque y los tanques.

Restricciones:

- El terreno es un lote cuadrado, semiplano, con unas medidas de 100 metros de ancho por 100 metros de largo para un total de 10,000 metros cuadrados.
- El ancho de los invernaderos viene estandarizado desde su construcción, un ala tiene 5 metros de ancho y para no tener desperdicio de material vienen en pares.
- El largo de las camas es de máximo 12 metros⁹, 2 tubos de 6 metros de PVC. Una distancia mayor trae problemas en la recirculación del agua y genera deficiencias nutricionales.

⁹ De ser necesario se pueden utilizar camas con 6 metros de largo, y se consideran como camas con media unidad de largo.

- El espacio entre tubos y el espacio entre perforaciones en los tubos es de 20 centímetros, para un total de 60 plantas por tubo.
- Las camas pueden tener máximo 8 tubos para un total de 1.4 metros de ancho.
- El espacio entre camas en todas las direcciones es de mínimo 0.6m.

Dado el tamaño de producción, tiene que habilitarse una carretera interna para que transite el camión transportador. El ancho de la carretera es de 4 metros y el largo de la totalidad del lote.

Tabla VIII. Cálculo Unidades Productivas

Terreno		
Capacidad Ancho Terreno		
# de tubos por cama	tubos	8
Espacio entre tubos	mts	0.20
Ancho de la cama	mts	1.4
Espacio entre camas	mts	0.60
Número de camas por unidad productiva	camas	5
Ancho Unidad Productiva	mts	10
Ancho Terreno	mts	100
Número de Unidades Productivas Ancho	uds prod	10
Capacidad Largo del Terreno		
Carretera	mts	4
Retiros Borde Invernadero	mts	1.5
Largo Terreno	mts	100
Largo Terreno utilizable	mts	94.50
Largo de la Cama	mts	12
Espacio entre camas	mts	0.6
Largo Unidad Productiva	mts	12.6
Número de Unidades Productivas Largo	uds prod	7.5
Capacidad Bruta Total del Terreno		
Número de Unidades Productivas	uds prod	75
Número de Camas por Unidad Productiva	camas/ uds prod	5
Número de Camas proyecto	camas	375

Como se plantearon las restricciones caben 10 unidades productivas a lo ancho y 7.5 unidades a lo largo, para un total de 375 camas.

Área Bajo Invernadero y área de Camas Hidropónicas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

El costo de instalación está presupuestado en pesos por metro cuadrado (\$/m²). Por lo tanto, calcular el número exacto de metros cuadrados utilizados en invernadero y en camas es determinante para conocer el monto de la inversión. Al terreno original de 10.000 m² se le descontaron 400 m² por la carretera y otro tanto para construir unas oficinas. El área destinada para oficinas es de media unidad productiva, es decir 63 m². El área de tanques y el centro de empaque funcionan bajo invernadero y no hay que reducir más el área. Con las reducciones incluidas, el área bajo invernadero es de 9.537 m².

Tabla IX. Área Bajo Invernadero

Invernadero		
Área total	mts ²	10,000
Descuento Carretera	mts ²	400
Descuento Oficinas	mts ²	63
Área total bajo Invernadero	mts ²	9,537

Un sistema de bombeo correctamente diseñado puede regar hasta 60.000 plantas, para fines del proyecto se divide el área total en cuatro secciones y se utiliza un tanque por sección. Como se conoció en la visita a Cultivos San Isidro (Comunicación Personal, 2019) un tanque de este tamaño ocupa más o menos un área de 36 m² más un área reservada para el almacenamiento y la bomba. Se decide destinar media unidad productiva por tanque, para un total de 2 unidades productivas dedicadas a esto. La oficina se dimensionó de 0.5 unidades productivas y para el centro de empaque se utiliza una (1) unidad productiva.

Por otro lado, se implementó un retiro adicional en los dos extremos del cultivo para proteger contra la lluvia. Este retiro consiste en eliminar dos tubos en las camas exteriores para así aumentar el borde de 30cm a 50cm. En total, se terminan eliminando 0.25 (2/8) camas, por 7.5 camas de largo, por 2 extremos, o 3.75 camas.

$$\text{Descuento por extremos} = \text{descuento cama} * \# \text{ de camas} * \# \text{ de lados}$$

Se parte inicialmente de 375 camas disponibles. Con la reducción de 3.5 unidades productivas con 5 camas cada una, y 3.75 camas reducidas por los extremos, se obtiene un número de camas total de 353.75. Como cada una tiene 1.4m de ancho y 12m de largo, el área total en camas es de 5943 m².

Tabla X. Unidades Productivas Deducidas y Área Camas Hidropónicas

Camas Hidropónicas		
Número de Camas bruto	camas	375
Descuento Oficina	uds prod	0.500
Descuento Oficina	camas	2.5
Descuento Centro de Empaque	uds prod	1.000
Descuento Centro de Empaque	camas	5.0
Descuento Centro de Tanques (4)	uds prod	2.000
Descuento Centro de Tanques (4)	camas	10.0
Descuento límite ancho	camas	0.25
Camas de largo a descontar	camas	7.50
Número descuentos límite	lados	2
Camas totales a descontar por límite	camas	3.750
Número de Camas Neto	camas	353.75
Área Cama	mts2	16.80
Área total Camas Hidropónicas	mts2	5943

En el piloto se tuvo una utilización del espacio del 51.43%, en donde 72 m² fueron cultivados y 140m² dedicados a invernaderos. Para el nuevo escenario, 5943m² fueron cultivados contra 10.000m² del terreno. El aumento en utilización del espacio es de más del 8%.

Producción

El modelo indica que hay 3 postes por cada unidad productiva que quedan en la cama del centro. Con fines de higiene y espacio, se eliminan las 4 plantas más cercanas, para una totalidad de 12 plantas por unidad productiva. El cálculo de las plantas deducidas por postes es:

$$\# \text{ de plantas deducidas} = 12 * \left(\frac{353.75 \text{ camas}}{5 \text{ camas} * \text{uds prod}} - 3.5 \text{ uds prod} \right) = 849 \text{ plantas}$$

La producción bruta hasta ahora es de 353.75 camas, con ocho tubos cada cama, con 60 plantas cada tubo. Para un total de 168.951 plantas por ciclo. El factor de desperdicio fue de 2.05%, resultando en 165.486 plantas netas por ciclo. Si se tiene una cosecha cada 40 días, y se escalona hasta lograr una producción diaria, se pueden sacar 9.13 cosechas anuales. La producción máxima anual es de 1.541.667 unidades.

Tabla XI. Total Producción Anual

Unidades Producidas		
Tubos por Cama	tubos	8
Largo Tubo	mts	12
Distancia entre Lechuga	mts	0.2
Lechugas por Tubo	lechuga/tubo	60
Lechugas por Cama	lechuga/cama	480
Lechugas por Ciclo	lechuga/ciclo	169,800
Número de Columnas por Unidad Productiva	columna	3
Número de lechuga perdidas por Columna	lechuga	4
Número de lechugas perdidas por Unidad Productiva	lechuga/und prod	12
Unidades productivas reales	uds prod	70.75
Lechugas perdidas por columnas por Ciclo	lechuga	849
Lechugas por Ciclo	lechuga	168,951
Factor de desperdicio		2%
Lechugas totales por ciclo	lechuga	165,486
Duración Ciclo	días	40
Ciclos por año	ciclo/año	9.125
Lechugas netas por año	lechuga/año	1,541,677

Como estrategia de mercado, se decide escalar la producción para llegar a la capacidad máxima al empezar el tercer año. Recordando que se dividió el terreno en cuatro secciones, primero se habilitaron 2, luego otra y finalmente otra. Con la reducción correspondiente de unidades según el diseño de producción, el porcentaje de capacidad instalada queda: Para el año 1 47%, para el año 2 73% y para el año 3 100%.

Tabla XII. Plan de Producción Años 1-3

Capacidad Instalada		Año 1	Año 2	Año 3
Capacidad Máxima Instalada	Uds	165,486	165,486	165,486
No. de unidades productivas instaladas	Uds	33.625	52.13	71.500
<i>Total unidades productivas por área</i>	Uds	<i>37.50</i>	<i>57.50</i>	<i>75.0</i>
<i>(-) reducciones</i>	Uds	<i>2.0000</i>	<i>2.5</i>	<i>3.50</i>
Producción Instalada	Uds	80,700	125,100	171,600
No. De Camas	Camas	168.125	260.625	357.5
<i>(-) reducción por exterior</i>	Uds	<i>1.875</i>	<i>2.875</i>	<i>3.75</i>
No. De Camas con reducción exterior	Uds	166.25	257.75	353.75
No. de Plantas	Uds	79,800	123,720	169,800
<i>(-) reducción por columna</i>	Uds	<i>399</i>	<i>619</i>	<i>849</i>
Total Plantas	Uds	79,401	123,101	168,951
<i>(-) reducción por desperdicio</i>		<i>2%</i>	<i>2%</i>	<i>2%</i>
Total Plantas Neto		77,772	120,576	165,486
Producción instalada (%)	%	47%	73%	100%

Inversiones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

La inversión en CAPEX es equivalente al porcentaje de producción programado. Al igual que para el número de canastillas. En el piloto se determinó que caben 20 lechugas por canastilla, y se utilizó un stock de 7 días para mitigar daños, pérdidas o retrasos en las devoluciones que son bastante comunes. En el año 1 se necesitan 686 canastilla, en el año 2 se necesitan 1057 y en el año 3 se necesitan 1449.

Tabla XIII. Número de Canastillas Requeridas

Canastillas			Año 1	Año 2	Año 3
No. de plantas por canastilla	Uds	20			
No. de canastillas por día	mts	12	98	151	207
No. de días inventario canastillas	mts	7			
No. total de canastillas			686	1057	1449

Para los activos fijos se determinaron unos precios por metro cuadrado para las oficinas y el centro de empaque, y no para los tanques puesto que el costo está incluido en el precio del tanque mismo. Para la oficina se utilizó un valor de referencia de 600.000 pesos metro cuadrado, y para el centro de empaque al necesitar una loza en concreto principalmente se utilizó un valor de 100.000 pesos metro cuadrado. Para el valor de la carretera se utilizó un reporte de Contexto Ganadero, y se tomó la inversión por tramo de vía terciaria en recebo. Con un precio por metro cuadrado de 28.900 pesos.

Tabla XIV. Precio por Oficina, Empaque y Carretera

Oficina, empaque y carretera		
Precio m ² oficina	\$ / m ²	600,000
Precio m ² centro de empaque	\$ / m ²	100,000
Precio m ² carretera	\$ / m ²	28,900

Por el dimensionamiento del cultivo, hay algunas inversiones que cambiaron de precio con respecto al piloto. Principalmente cambiaron la bomba centrífuga y el tamaño del tanque. Durante el piloto se identificó que un tanque de 1.000 litros es capaz con hasta 3.000 plantas. En ese orden de ideas, un tanque de 15.000 litros puede con 45.000 plantas.

Para las bombas centrífugas se identificó la necesidad de tener una bomba de dos (2.0) hp, con un caudal máximo de 15 galones por minuto gpm. Para no tener que diseñar un sistema con una capacidad inmensa, se utilizan válvulas repartidoras que permiten atender la mitad de la sección en todo momento. De esa manera el número máximo de plantas a atender se reduce de 42.000 plantas aproximadamente a 21.000. Teniendo en cuenta que un tubo tiene 60 plantas, el número de tubos atendido es de 350 y como el caudal requerido es entre 1 y 2 litros por

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

minuto por tubo, con el dimensionamiento actual se tiene un caudal de 1.47 litros por minuto por tubo.

Tabla XV. Capacidad Bomba Centrífuga

Dimensionamiento Bomba	
# de plantas por sección	42000
División válvulo repartidora	2
# de plantas atendidas	21000
# de plantas por tubo	60
# de tubos	350
Capacidad bomba	135 gpm
# de litros por tubo por min	1.47

A continuación, se muestra el precio de todas las inversiones requeridas para el centro de tanques. Se puede ver como los únicos valores que se ven afectados son el del tanque y el de la bomba. Los demás son independientes de la capacidad.

Tabla XVI. Inversiones Centro de Tanques

Centro de Tanques		
	Piloto	Modelo
Tanque Acuaplast 15000 litros	353,000	8,500,000
Bomba Centrífuga 2 caballos de fuerza	300,000	1,634,000
Acoples y granada	100,000	100,000
Medidores de PH y Electroconductividad	740,000	740,000
Adecuación Electricidad	300,000	300,000
Estructura Concreto Bomba	250,000	250,000
Temporizador	35,000	35,000
Número de tanques	1	4

Terreno

Para seleccionar el terreno dónde realizar el proyecto, se asistió al Encuentro Oriente 2019 de la Lonja de Medellín. Para realizar el proyecto se seleccionó la zona de Bella Vista, Guarne que tiene un metro cuadrado promedio de 30,000 pesos. Adicionalmente, se tomó la valorización promedio de 11.60% como referencia de crecimiento del valor del lote. Para calcular el valor del canon mensual a pagar, se tomó como referencia una tasa estándar utilizada para lotes agrícolas de tamaño medio. La tasa de referencia que se utilizó para evaluar el proyecto fue del 0.3% mensual sobre el valor del lote lo cual es equivalente a un canon mensual inicial de 900,000 pesos. Los detalles, sobre los criterios de selección del terreno se encuentran en el anexo 1. La selección del terreno tiene un impacto importante y determina el éxito del negocio porque una mala selección del terreno podría implicar pagar hasta 5 o más veces en

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

arrendamientos. Si con el escenario actual se pagarían alrededor de 11M anuales, con un terreno así en Llanogrande se podría pagar 50M o más.

2.2 Estudio de Mercado

2.2.1 Cliente

Cuando se venden lechugas hidropónicas existe la posibilidad de venderle el producto ya sea a individuos o a empresas. Por el tamaño de la empresa y la producción diaria, se dificulta venderles directamente a los consumidores finales, dado que no compran altos volúmenes volviendo más viable venderles a empresas a un precio y cantidad establecidos.

En primer lugar, es importante resaltar que el proyecto definió enfocarse en clientes corporativos, dado que la producción diaria que se tiene exige de compradores que manejen grandes volúmenes. Cuando se produce lechuga u otros tipos de hortalizas, existen tres tipos de clientes corporativos potenciales: los comercializadores de las plazas mayoristas, marcas especializadas que venden productos de valor agregado, intermediarios, y grandes superficies o cadenas de supermercados que venden hortalizas masivamente y especializadas.

Plazas mayoristas:

Los comercializadores de las plazas mayoristas compran altos volúmenes, pero no premian el valor agregado. No perciben mayor valor en las lechugas hidropónicas y por lo tanto no están dispuestas a pagar un mayor precio por estas. Ellos suelen pagarles a sus proveedores de frutas y verduras el precio negociado en la central basándose en los principios de oferta y demanda. Por lo tanto, es muy difícil para los productores acordar un precio fijo con el cuál puedan estar tranquilos. Además, por los altos volúmenes que compran suelen comprar a los precios más bajos del mercado. En la central mayorista de Medellín, la lechuga cressa verde se vendió a un precio promedio de 1395 pesos el kilo en el año 2017, según el sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario - SIPSA. Entre las comercializadoras de la Central Mayorista de Medellín resaltan Comfrut, Nocar y La Huerta.

Las ventajas de vender en las plazas mayoristas es que se garantiza la venta de todos los productos y se disminuye la pérdida de lechugas cosechas por falta de clientes. Las desventajas son la incertidumbre del precio, que dificulta las proyecciones y los bajos precios de compra que disminuyen los ingresos potenciales.

Marcas Especializadas:

Las marcas especializadas son productoras y comercializadoras con marca propia que se especializan en vender productos de valor agregado. Se especializan en vender productos diferenciados como hortalizas hidropónicas u orgánicas, que es en lo que busca centrarse el proyecto. Han generado un mercado de personas que están dispuestas a pagar más por los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

beneficios de estos productos y por lo tanto pagan un valor más alto que el de un mayorista. Adicionalmente, les venden a las grandes superficies, cadenas de supermercados, tiendas saludables y a consumidores finales por lo cual también manejan grandes volúmenes de venta. Tienen producción propia, pero esta es insuficiente para satisfacer la demanda de sus clientes, por lo cual la gran mayoría se la compran a terceros. Durante el piloto se vendió la producción a un cliente con marca propia y se negoció el kilo a un promedio de 3000 pesos. Entre las marcas especializadas más posicionadas que se identifican como potenciales compradores se encuentran: Pomario, Hortifresco, Vidalia, Veggies Gourmet.

Las ventajas de venderle a las marcas especializadas es que valoran la diferenciación de las lechugas hidropónicas y por lo tanto están dispuestas a pagar más que las plazas mayoristas. Adicionalmente, existe una serie de marcas posicionadas a las cuáles se le puede vender el producto garantizando que tampoco haya pérdidas de producto. La desventaja de venderles es que son estas las que realmente se benefician por nuestros productos vendiendo a precios mayores, materializando la mayor proporción del margen del producto y posicionando aún más su marca.

Intermediarios

Los intermediarios son aquellos que se encargan de conectar la producción con la demanda. En algunos escenarios son productores que no dan abasto para venderle a sus clientes, en otras son comercializadores puros. No manejan el tamaño de los comercializadores de la mayorista, pero sí valoran el valor agregado de sus productos entonces son capaces de pagar un precio más elevado. Lo más importante es que no manejan marca propia, diferenciándose así de los clientes de marcas especializadas. En la visita a Cultivos San Isidro, el encargado expresó no dar abasto con su producción actual y se ve forzado a comprar prácticamente el equivalente a su producción diaria a terceros.

La ventaja es que valoran el producto y pagan un precio relativamente elevado, además de manejar volúmenes importantes. La desventaja es que como su producto final no tiene el valor agregado de la marca o la presentación, el margen de negociación es mucho menor que con las marcas especializadas.

Grandes Superficies y Cadenas de Supermercados

Las grandes superficies y cadenas de supermercados compran producto empacado y terminado para venderlo al consumidor final. Compran volúmenes muy altos, pero exigen certificaciones, empaques específicos y altos estándares de calidad a sus proveedores. Se requiere de un proceso largo y exhaustivo para que estos codifiquen a una marca para que luego pueda ser vendida en sus puntos de venta. Por lo tanto, no son una opción a considerar por la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

mayoría de los productores, puesto que requerirían de una inversión elevada para tecnificarse, crear una marca y posicionarla. Al tener contacto con el consumidor final, tienen la capacidad de pagar un precio más elevado. Carulla le vende al consumidor final un kilo de lechuga por alrededor de 19,000 pesos¹⁰, el Éxito lo vende aproximadamente a 14,000¹¹. Dentro de esta categoría se encuentran clientes como el Éxito, Carulla, Jumbo, el Euro, etc.

La ventaja de venderle directamente a las grandes superficies y a las cadenas de supermercados es que pagan mayores precios. Suponiendo que las grandes superficies tengan un 60% de margen bruto sobre las lechugas hidropónicas que venden a 14.000 el kilo, les comprarían a sus proveedores a 5,600 pesos el kilo. La desventaja es que solamente les compran a compañías que tengan una marca posicionada frente al consumidor, lo cual requiere de tiempo y dinero.

Definición del Cliente objetivo:

Los consumidores finales están dispuestos a pagar más por lechugas cresas verdes que son cosechadas bajo técnicas hidropónicas que por las que son cosechadas bajo técnicas tradicionales. Además, cultivar bajo técnicas hidropónicas requiere de una inversión mayor en cuanto al montaje que lo que implica un cultivo tradicional. Por consiguiente, se descarta venderle a los comercializadores de centrales mayoristas, porque estos no perciben un valor adicional en las lechugas hidropónicas. Tampoco se considera viable venderle directamente a grandes superficies ni cadenas de supermercados ya que requiere tener una marca propia. La cual implica una elevada inversión en tiempo y dinero antes de que la marca esté lo suficientemente posicionada como para entrar en estos canales.

Por lo tanto, se definió enfocar los esfuerzos en venderle a las marcas especializadas. Estas valoran el valor agregado de la hidroponía pagando un precio por encima al del mayorista y compran altos volúmenes para satisfacer la demanda de los canales mencionados anteriormente. Adicionalmente, actuar como proveedores serviría para permitirles especializarse aún más en su nicho. Tercerizando la producción de hortalizas como la lechuga cresa verde.

2.2.2 Competencia

Para definir la competencia hay que entender que el estudio está hecho con una producción exclusiva de lechuga cresa verde, un fenómeno inusual entre los cultivos hidropónicos. Generalmente los cultivadores se especializan en algún nicho de mercado para

¹⁰ Una unidad de lechuga cresa verde hidropónica de 170 g cuesta 3240 pesos el 17 de mayo de 2019.

¹¹ En el Éxito, una unidad de 170g cuesta 2420 el 17 de mayo de 2019.

no canibalizarse entre ellos mismos. Durante el estudio, se observó que Aura se ha especializado en albahaca, Amanzi en mézclums y vegetables baby y Cultivos San Isidro es el único que es netamente productor de lechugas de diferentes variedades. Hay que resaltar que porque una empresa se especialice en un producto no significa que no produzca lechugas u otras variedades. Sólo significa que esta proporción en comparación con la capacidad de producción máxima es relativamente baja.

Se define que los principales competidores son los pequeños productores, sin marca propia. Estos generalmente tienen una estructura de costos menor en mano de obra e infraestructura y por lo tanto son capaces de vender productos en pequeñas cantidades a un precio relativamente bajo. La ventaja sobre este tipo de competidores es que por sus bajos volúmenes de producción no son capaces de entregar el producto periódicamente y en muchos casos los clientes valoran la estabilidad en la entrega. Una desventaja puede ser precisamente la estructura de costos mencionada anteriormente, reduciendo el margen de negociación puesto que no se puede negociar considerablemente por encima del precio de venta de la competencia. Otra desventaja pudiera ser que, al tener un volumen pequeño, no tienen el tamaño para escalar la producción. El impacto es negativo sobre el precio de venta, ya que como se ven obligados a vender la totalidad de la cosecha en una o dos entregas mensuales, tienen mayor presión y lo terminan castigando para asegurar la venta.

Las marcas especializadas no son competidores porque bien si son productores éstas tienen un mercado objetivo diferente. Su principal objetivo es la venta de productos de valor agregado respaldados por su marca, y la producción es sólo una de las formas de conseguir la materia prima necesaria.

2.2.3 Transporte y Proveedores

Primero, se definió que el transporte sería tercerizado debido al bajo volumen de mercancía transportado¹². De esa manera se entiende que es más rentable para la empresa contratar el servicio de transporte que hacerla de forma propia y dedicarse exclusivamente a la producción de hortalizas. Al tomar la decisión, se incluyen los transportadores como proveedores y se analizan de la misma manera.

El único proveedor que representa un porcentaje alto sobre el nivel de ingresos del proyecto es el de transporte. Con este habría un contrato de fidelidad especial para construir una relación en donde las dos partes ganen, pero más que todo se garantice el cumplimiento y un costo por unidad razonable. Con los otros rubros no hay tanto poder de negociación, ya que

¹² Se tendría un viaje diario durante todas las etapas de la producción.

los montos van disminuyendo considerablemente. Naturalmente habría algún margen de negociación en cuanto a las plántulas, soluciones nutritivas y el proveedor de bolsas capuchonas e hidratadoras. Pero hay que entender que en ocasiones puede haber una variación del proveedor debido a las especificaciones del cliente.

En algunos casos, los clientes podrían no necesitar hidratadoras, en otros podrían incluso necesitar bolsas canastilleras. Los plantuladeros negocian todos con un precio similar, lo más importante es estar conectados en cuanto a la producción planificada para que ellos logren producir a tiempo. La variación más importante es tal vez en las soluciones nutritivas pues algunos clientes necesitan soluciones certificadas y otros no, y las certificaciones varían con el tiempo. Algunos pesticidas son orgánicos, otros químicos con diferentes colores de sellos¹³. En cuanto a las trampas, el hipoclorito de sodio, las soluciones de calibración, y los correctores de pH no hay mucho campo para negociar un precio. Son productos comercializados masivamente y el consumo es mínimo. El rubro de electricidad definitivamente no se puede negociar.

A continuación, se presentan todos los insumos utilizados durante la producción, su periodicidad y los posibles proveedores en caso de ser pertinentes.

Tabla XVII. Insumos utilizados durante la producción

Otros		
	Piloto	Modelo
Tanque	353,000	8,500,000
Bomba Centrífuga	300,000	1,634,000
Acoples y granada	100,000	100,000
Medidores de PH y Electroconductividad	740,000	740,000
Adecuación Electricidad	300,000	300,000
Estructura concreto bomba	250,000	250,000
Temporizador	35,000	35,000
Número de tanques	1	4

2.3 Estudio Organizacional – Administrativo - Legal

Organizacional

Se definió tener una estructura funcional para el proyecto porque se identificó la necesidad de tener hasta tres niveles jerárquicos en el momento de producción máxima. La estructura se considera la ideal porque para que este modelo de negocio tenga éxito las claves serán la producción y la comercialización. En la primera jerarquía se encuentra el gerente

¹³ El sello define la intensidad del químico, y determina cuántos días tienen que pasar desde su aplicación hasta el consumo humano

general, en la segunda los directores de producción y de distribución y ventas, en la tercera se encuentran los empleados operativos como recolectores, empacadores, sembradores y supernumerarios de producción.

Por temas de mercado se llegará a la capacidad máxima en 3 años, llegando en el año 1 al 47% de capacidad instalada, al 73% en el año 2 y al 100% para el año 3. Durante este proceso el número de empleados también irá incrementando cómo se refleja en la tabla.

Tabla XVIII. Requerimiento de personal de producción

Número de Empleados	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
Gerente General	-	1	1	1	1	1	1	1
Director Distribución y Ventas	-	1	1	1	1	1	1	1
Director de Producción	-	-	-	1	1	1	1	1
No. Empleados Recolección	-	3	4	6	6	6	6	6
No. Empleados Empaque	-	3	4	6	6	6	6	6
No. Empleados Sembrado	-	1	1	1	1	1	1	1
No. Empleados Supernumerarios	-	-	-	1	1	1	1	1

Como el negocio tendrá una vocación comercial, siempre se tendrán directores de producción y de distribución y ventas. En los dos primeros años el gerente general está en capacidad de realizar sus funciones y manejar el área de producción. A partir del tercer año en adelante, cuando se logra la máxima capacidad instalada, se necesita de un director de producción que optimice la producción. El gerente de ventas es necesario desde el principio del proyecto para prospectar y vincular nuevos clientes que compren las cantidades producidas.

Como decisión estratégica y comercial, se tomó la decisión de sembrar de forma escalonada durante los cuarenta (40) días del ciclo. De ahí se calculó el número de lechugas a sembrar, recolectar y sembrar diariamente. Se escoge escalar la producción principalmente por necesidad del mercado, los grandes clientes buscan estabilidad en la cosecha más que producciones grandes pues necesitan venderlas con el menor desperdicio posible. La decisión se toma también con fines de normalizar la mano de obra y contratar de manera permanente. Si hicieran ventas cada cuarenta (40) días de la totalidad del cultivo, en su momento máximo se necesitarían trescientas setenta y dos (372) personas para recoger en un día la cosecha. Esto sin tener en cuenta que habría que habilitar un espacio mayor para el empaque y el despacho.

El estudio de tiempo realizado junto con la producción diaria programada para cada año, más una jornada laboral de ocho (8) horas diarias, permitió calcular el número de operarios para cada una de las actividades productivas. El número obtenido por el cálculo se multiplica

por un factor de (7/6) para tener en cuenta el día de descanso semanal de cada empleado. A partir del año tres (3) en adelante se incluye en la nómina un supernumerario que tiene como función reemplazar a los faltantes y normalizar la mano de obra en períodos de vacaciones.

La evolución de la estructura organizacional se muestra en las siguientes figuras:

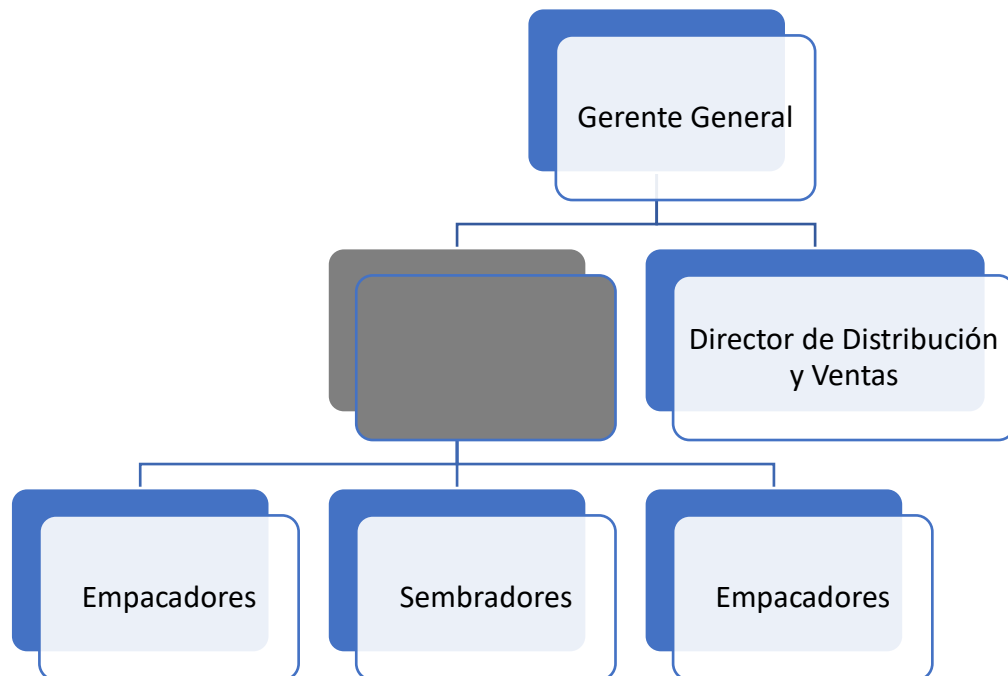


Figura 15. Organigrama años 1-2

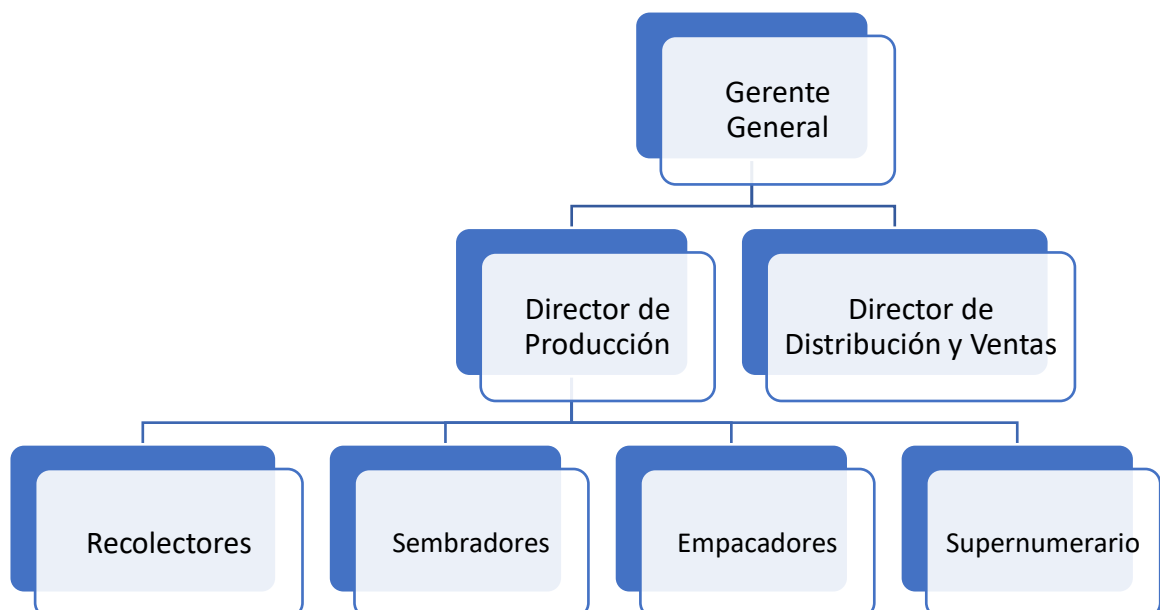


Figura 16. Organigrama años 3 en adelante

Es importante resaltar que para el proyecto se definieron diferentes salarios para cada uno de los niveles. Estos salarios fueron calculados con un factor en relación con el salario mínimo. El crecimiento del salario mínimo se proyectó siempre dos (2) puntos porcentuales por encima de la inflación proyectada. Se definió un factor prestacional de 51.85%, suponiendo que ningún empleado se exime de hacer algún aporte. El subsidio de transporte fue incluido para todos los empleados que devenguen como máximo dos salarios mínimos.

La estrategia corporativa fue iniciar con salario más bajos para los primeros niveles de la estructura, e ir aumentándolos paulatinamente con un factor definido. Esto como respuesta al alto porcentaje de gastos en mano de obra en comparación con el nivel de ingresos proyectado para el primer año.

La evolución del salario puede verse reflejada a continuación:

Tabla XIX. Evolución salarios

Empleados	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Salario mínimo	\$ 828,116	\$ 862,897	\$ 898,276	\$ 934,207	\$ 971,575	\$ 1,010,438	\$ 1,050,855	\$ 1,092,890	\$ 1,136,605	\$ 1,182,069
Subsidio de Transporte	\$ 97,032	\$ 101,107	\$ 105,253	\$ 109,463	\$ 113,841	\$ 118,395	\$ 123,131	\$ 128,056	\$ 133,178	\$ 138,505
Factor Prestacional	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185	0.5185
Factor salario personal categoría 1	2.1	2.4	2.7	3	3	3	3	3	3	3
Factor salario personal categoría 2	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Factor salario personal categoría 3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Salario Base personal categoría 1	\$ 2,640,738	\$ 3,144,741	\$ 3,682,885	\$ 4,255,778	\$ 4,426,010	\$ 4,603,050	\$ 4,787,172	\$ 4,978,659	\$ 5,177,805	\$ 5,384,917
Salario Base personal categoría 2	\$ 2,033,584	\$ 2,381,057	\$ 2,751,486	\$ 3,145,264	\$ 3,098,207	\$ 3,401,918	\$ 3,351,020	\$ 3,485,061	\$ 3,624,464	\$ 3,769,442
Salario Base personal categoría 3	\$ 1,404,837	\$ 1,463,840	\$ 1,523,858	\$ 1,584,812	\$ 1,648,205	\$ 1,714,133	\$ 1,782,698	\$ 1,854,006	\$ 1,928,166	\$ 2,005,293

Administrativa

Como se ve en el estudio organizacional, en el proyecto existen dos funciones claves: la producción y comercialización. Las actividades de producción son un factor crítico porque de estas depende la calidad del producto que se venderá y por ende que los clientes se vean interesados por el producto. Los empleados necesarios para el proyecto y sus funciones son:

- i. Gerente General: Es el responsable del desempeño del proyecto como un todo, a partir de las expectativas de los inversionistas. Por lo tanto, debe tener tanto conocimientos técnicos como comerciales. Debe encargarse a su vez de definir los objetivos de las diferentes áreas y de hacerles seguimiento. Adicionalmente, realiza procesos variados como la selección, la compensación del personal y la recepción y aprobación de pagos. En la producción realizará las actividades del director de producción durante los dos primeros años y luego soportará al director en la toma de decisiones técnicas. En la comercialización aportará su red de contactos y se relacionará directamente con los gerentes de las empresas compradoras.
- ii. Director de Producción: El director de producción debe contar con conocimientos técnicos y gerenciales para el adecuado funcionamiento del cultivo y para manejar a

todos los trabajadores operativos. Es la persona responsable de la producción y por lo tanto es quien responde por el factor de desperdicio, por la duración del ciclo y el tamaño y el peso de las lechugas ante el gerente general. Dentro de las funciones de están aprobar al personal que trabajará en el cultivo y posteriormente capacitarlo en procesos productivos. Es el responsable de los trabajadores dedicados a la recolección, el empaque, la siembra y soporte. Define sus objetivos y los evalúa. Adicionalmente, como funciones propias debe seleccionar los insumos como las plántulas, soluciones nutritivas, bolsas capuchonas e hidratadores y gestionar periódicamente el pH y electroconductividad de los tanques para que siempre estén en los rangos establecidos.

iii. Director de Distribución y Ventas: El director de distribución y ventas debe contar con habilidades comerciales para la consecución y retención de clientes. Este debe encargarse de manejar la relación con todos los clientes de la compañía. Dentro de sus responsabilidades está fidelizarlos y firmar contratos con el mayor número posible para garantizar las ventas y disminuir el desperdicio. También estará encargado de la prospección de nuevos clientes, con la responsabilidad de buscar y vincular clientes pertenecientes al segmento al que le apunta la compañía. Por otro lado, estará encargado de la distribución coordinando la logística de los envíos. Debe definir las rutas que permitan minimizar el costo de los envíos. Es él el responsable de coordinar con los transportadores para que recojan los productos oportunamente y sean entregados a los clientes según lo necesiten.

iv. Operarios

a. Recolectores: Deben recoger las lechugas que estén listas de las camas y llevarlas al centro de empaque. Deben conocer bien la técnica de recolección para que lo puedan hacer en el menor tiempo posible y sin maltratar la raíz ni el tallo de la lechuga.

b. Sembradores: Se encargan de ingresar las plántulas a los orificios de los tubos. Estos deben conocer los calendarios de cosecha para ingresar las plantas en las aperturas correctas. Son los responsables de supervisar que todas las plantas estén bien colocadas durante la cosecha y de corregir su posicionamiento en caso de que no lo estén.

- c. Empacadores: Se encargan de empacar las lechugas para ser enviadas a los clientes. Estos deben aprender la técnica de empaque utilizada, que consiste en utilizar bolsas capuchonas e hidratadores para mantener la raíz hidratada y lograr que la lechuga llegue fresca a los clientes.
- d. Supernumerarios: El supernumerario es un empleado operativo que debe conocer todos los procesos de la producción. Su función principal es reemplazar al sembrador durante su día de descanso y hacer los reemplazos por vacaciones u otros de los demás compañeros.

Legal

Desde el punto de vista legal la compañía busca centrarse en los más significativos. La compañía deberá pagar un impuesto de renta. A partir de la reforma tributaria, el impuesto de renta que es el más significativo para las empresas, va a decrecer en los próximos años. La reforma tributaria establece una disminución de un (1) grado porcentual cada año entre los años 2019 y 2022. Esto hará que el impuesto disminuya del 33% al 30% durante este periodo. Para los años restantes del proyecto, del año cinco (5) al año siete (7) se mantendrá el 30% de referencia, suponiendo que las reformas tuvieron éxito y se mantiene la tasa por tres años más.

Al tratarse de una actividad comercial, dado que se van a vender las lechugas posterior a su cosecha, se consideró el impuesto de Industria y Comercio que recae sobre empresas que realizan actividades industriales, comerciales, de servicios o financieras dentro de un municipio. Al analizar el municipio de Guarne, municipio en dónde estará ubicado el proyecto, se identificó que la empresa está exenta. Como se evidencia en el estatuto tributario de Guarne, todas las actividades de agricultura, ganadería, caza, silvicultura y pesca están exentas del pago de este impuesto. Específicamente, la actividad con código 0111, resalta que las personas jurídicas o naturales dedicadas al cultivo de legumbres, no deben pagar este impuesto. Por lo tanto, no se considerará el impuesto para este proyecto.

Otro impuesto del que está exento el proyecto y que podría ser un valor significativo en caso de que se tuviera que pagar es el impuesto predial unificado. El impuesto predial debe ser pagado por el propietario o poseedor de la tierra y cómo el proyecto se realizará en una propiedad arrendada, queda exento del pago de este impuesto.

Tras analizar estos tres impuestos, el proyecto sólo considerará el impuesto de renta dado que es el único que se aplica a la realidad del proyecto.

2.4 Estudio Financiero

Macroeconómicos:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Las proyecciones de crecimiento fueron tomadas de (Bancolombia, 2019) en su informe de “Macroeconómicos proyectados a mediano plazo”. El indicador más utilizado, de donde se indexó el crecimiento de todos los precios, el crecimiento del salario mínimo y el subsidio de transporte fue el Índice de Precios al Consumidor (IPC). El factor prestacional utilizado para el modelo fue de 51.85%, asumiendo que las personas tienen contratos fijos y se les aplican todas las prestaciones sociales. La tabla de crecimiento de los salarios mínimo fue ingresada manualmente como estrategia corporativa, y se explica en profundidad en el Estudio Organizacional. El salario mínimo creció anualmente un (1) punto porcentual por encima de la inflación. Los indicadores del crecimiento del PIB, DTF a 90 días y BFR no fueron utilizados para proyectar los flujos. Sin embargo, se dejaron habilitados por si una persona quiere indexar el valor de la deuda o el crecimiento del volumen con alguno de estos ítems.

La Tabla XXII muestra la evolución de los parámetros macroeconómicos durante la duración del proyecto.

CAPEX:

El monto de inversión es proporcional a la capacidad instalada prevista para el año siguiente. Como se empieza a producir en el día 1 del año 1, las inversiones tienen un desfase de un período. Así, en el año 0 se invertiría lo proporcional al 47% de producción más las inversiones iniciales en oficinas, centro de empaque y carretera.

Para algunas inversiones, se incluyeron valores de salvamento, disminuyendo el valor de reinversión después de cumplirse la vida útil del activo. El ejemplo es más claro en el invernadero, donde a los cinco (5) años se realiza una repotenciación del 30% del activo debido al reemplazo y reforzamiento de algunos postes exteriores¹⁴ y el cambio del plástico.

El plan de depreciación y los valores de salvamento se muestran a continuación:

Tabla XX. Depreciaciones y porcentaje de reinversión.

Depreciaciones y Reinversiones		
	Depreciación	% Reinversión
Invernaderos	4	30%
Sistema de Riego	10	
Otros	5	
Canastillas	3	
Oficinas y Carretera	20	

¹⁴ Los postes exteriores sufren de podredumbre al estar expuestos a la lluvia, a los 3 años se les refuerza la base del poste o se reemplaza si definitivamente no tiene arreglo. Los postes interiores no están expuestos y la reinversión es mínima.

Las canastillas y los otros equipos necesarios para el sistema de bombeo se reemplazan completamente después de completar su vida útil, mientras que la reinversión para los sistemas de riego y las oficinas y carretera se hace como el porcentaje respectivo de la depreciación a precio actualizado. Las oficinas y la carretera requieren de un mantenimiento en tiempo real, como goteras o estabilizaciones del afirmado. El sistema de riego requiere de inversiones permanentes en reemplazo de mangueras repartidoras calcinadas o taponadas y el reemplazo de algunos tubos que pudieran verse afectados por algún motivo. Por este motivo, no se puede esperar hasta que finalice la vida útil para hacer las reinversiones, porque no se estaría siendo coherente con la realidad del uso del activo.

El valor de las inversiones totales de infraestructura queda, para el año 1 en 352M, para el año 2 en 178M y para el año 3 en 199M, que son los años en donde hay inversión en infraestructura. El detalle se encuentra en la Tabla XXIII.

WACC:

Para el cálculo del WACC incluyó el método CAPM para el cálculo del costo del patrimonio y un valor de referencia para el costo de la deuda. Utiliza principalmente como fuente de información el reporte de Damodaran. En donde se obtiene el valor de referencia de la prima de mercado (6.24%), y para el sector ‘Farming Agriculture’ el promedio de la estructura de capital del sector (59.91% relación D/E) y el Beta desapalancado del sector (0.63). Se incluyen como valores de referencia el yield del bono de EE.UU. a diez (10) años (2.48%), prima de riesgo país obtenido del Emerging Bond Market Index (EMBI) con una tasa de (1.4%)¹⁵, y una prima de riesgo por el tamaño de la compañía (2%). Como factor devaluación se utilizó la diferencia de inflación a largo plazo de Colombia (3.4%) y Estados Unidos (2.0%).

Se utilizaron las proyecciones a largo plazo para unificar el WACC para todos los períodos y no tener que utilizar un Rolling WACC¹⁶. A continuación, se muestra el proceso de cálculo del WACC.

¹⁵ Indicador de riesgo país calculado por JP Morgan, se utilizó el promedio del último mes.

¹⁶ Cuando el Costo Promedio Ponderado del Capital es diferente para cada año.

Tabla XXI. Cálculo del WACC

Modelo de Proyecciones	Año 1
Yield Bonos EE.UU. a 10 años	2.48%
Riesgo País (EMBI)	1.80%
Prima Liquidez y Tamaño de la Compañía	2.00%
Prima de Riesgo de Mercado (Damodaran)	6.24%
Beta Desapalancado del Sector (bu)	0.63
Beta Apalancado del Sector (bl)	0.89
Costo del Patrimonio Desapalancado en USD	10.2%
Costo del Patrimonio Apalancado en USD	11.8%
+ Devaluación promedio largo plazo	1.40%
Costo del Patrimonio Desapalancado (COP)	11.75%
Costo del Patrimonio Apalancado (COP)	13.40%
Costo de la Deuda (Kd)	12.00%
Tasa impositiva LP Colombia	30.00%
Costo del Capital (M&M) = Kc	12.88%
<i>Estructura de Capital a Mercado</i>	
Deuda (%)	37.07%
Patrimonio (%)	62.93%

Capital de Trabajo:

El capital de trabajo representa un costo oculto en un proyecto. Pues puede determinar si hay que hacer más o menos desembolsos en el inicio y durante el proyecto para que éste no quede desfinanciado. En el sector de alimentos, la regla general es que el último intermediario en la cadena de valor termina apalancándose en sus proveedores, representando enormes beneficios para el negocio.

Para el ejercicio se utilizaron 45 días de rotación de inventarios, teniendo en cuenta que en todo momento hay 40 días de producción más otro valor en cuanto a soluciones nutritivas almacenadas. La rotación de cuentas por pagar es de 15 días, se considera que no se tiene poder de negociación sobre muchos de los proveedores. La rotación de cartera es de 45 días, teniendo en cuenta que no estamos llegando al último eslabón de la cadena de valor si no que le vendemos a marcas especializadas o intermediarios. También se calculó un valor de caja mínima para cada año equivalente a 5 días de rotación sobre los ingresos del período. El efecto neto es negativo, es decir, hay que financiar el crecimiento de la empresa inyectándole caja. Las cantidades de inversión necesarias en los primeros años son de 80M, 48M y 53M. Del cuarto

año en adelante se requieren 5M más el ajuste de la inflación debido a la diferencia entre los días de cartera, inventario, caja y proveedores.

En la Tabla XXIV se muestran los requerimientos de caja para el proyecto.

Deuda / Equity (D/E):

El propósito de un proyecto es poner la menor cantidad de Equity posible. Por eso se utilizó una estructura de deuda diferente para el cálculo del WACC que en el endeudamiento efectivo del proyecto. Para mitigar esta diferencia se agregó la prima de 2% por riesgo de liquidez y tamaño de la compañía, con un efecto final sobre el WACC de 1.28%. La estructura de deuda del sector fue tomada del reporte de Damodaran con una muestra de 284 empresas, maduras y financieramente fuertes. La estructura D/E para el sector es de 0.5891, lo que representa un 37.07% en deuda y un 62.93% en equity.

Por lo tanto, se utilizó un parámetro denominado Objetivo de Endeudamiento (%CAPEX) para determinar qué porcentaje de la inversión del CAPEX es capaz de financiarse a través de deuda durante los primeros tres períodos (Año 0, Año 1 y Año 2) del proyecto. La inversión en Equity es el monto requerido para que el Flujo de Caja Disponible sea cero (0).

El Debt Service Coverage Ratio (DSCR) es un indicador que muestra la capacidad de pago del servicio de deuda desde el flujo de operación.

$$DSCR = \frac{\text{Flujo de Caja Libre Operativo} + \text{Escudo Fiscal Deuda}}{\text{Amortizaciones} + \text{Intereses Financieros}}$$

Un nivel superior a 1.0 indica que la operación del negocio es capaz de cubrir la deuda bajo los supuestos ingresados, un nivel inferior indica lo contrario. Por eso las entidades prestadoras ponen un límite inferior calculado para el tipo de industria y negocio, con el fin de minimizar el riesgo de iliquidez del proyecto. Para el proyecto se calcula el porcentaje de inversión en CAPEX (% CAPEX) hasta que el DSCR esté levemente por encima de 1.3.

Flujo de Caja:

Para analizar si una empresa es rentable o no se hace un estudio del flujo de caja. El objetivo es determinar si los flujos disponibles son positivos, o que por lo menos haya una recuperación de la inversión. El análisis anterior se resume con la Tasa Interna de Retorno (TIR). Se utiliza además el cálculo de Valor Presente Neto (VPN) para ver si el resultado de los flujos disponibles, descontados con el valor del Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC) son positivos o negativos en valor corriente.

Es importante tener en cuenta que hay dos escenarios de análisis disponibles, uno sin tener en cuenta la recuperación del Capital de Trabajo ni el Valor Terminal del proyecto, y otro escenario que sí incluye los dos ítems. El Valor Terminal varía según el proyecto, en algunos

casos se liquida el proyecto y se recupera un porcentaje determinado del saldo neto de activos en ese período. En otros casos, se vende el proyecto incluyendo un valor de perpetuidad, que consiste en determinar una tasa de crecimiento de los flujos a perpetuidad y traerlos a valor presente con la tasa de descuento.

$$\text{Valor a Perpetuidad} = FCF(i) * \frac{(1 + g)}{(WACC - g)}$$

Partiendo desde el EBITDA, que es la diferencia entre los ingresos y los costos y gastos operacionales, se resta la inversión en Capital de Trabajo Neto, inversión en CAPEX y el impuesto operativo para determinar cuánta plata tiene la empresa libre para pagar el resto de las actividades. Este monto se llama el Flujo de Caja Libre Operativo (FCF). Luego se suman los desembolsos en deuda, si los hay, pero se resta el costo de adquirir deuda. Esto determina el Flujo de Caja Disponible (FCFE), que es el monto que determina cuánto se podría repartir a los inversionistas. Como política, se va a repartir el 100% del FCFE, cuando sea posible. En el modelo la Caja Inicial siempre será 0 puesto que está implícita en el Capital de Trabajo.

La política de caja se puede definir así, puesto que la reinversión está cubierta en el rubro de Capex. De no ser así, se tendría que distribuir un porcentaje menor y el resto destinarlo a reinversiones.

Plazo

Se evalúa el proyecto a 10 años, estabilizándose el crecimiento del FCF. En el período 10, se calcular el valor terminal del proyecto para comenzar con la evaluación de resultados.

Tabla XXII. Modelo de Proyecciones

Modelo de Proyecciones		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PIB	%	-	3.20%	3.40%	3.10%	3.30%	3.40%	3.40%	3.40%	3.40%	3.40%	3.40%
IPC	%	-	3.40%	3.20%	3.10%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%	3.00%
Factor inflación		1	1.03	1.07	1.10	1.13	1.17	1.20	1.24	1.28	1.31	1.35
DTF (90 días)	%	-	4.91%	5.40%	5.45%	5.15%	5.10%	5.10%	5.10%	5.10%	5.10%	5.10%
IBR (EA)	%	-	4.74%	5.23%	4.98%	4.73%	4.73%	4.73%	4.73%	4.73%	4.73%	4.73%
Crecimiento Salarios	%	-	4.40%	4.20%	4.10%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
Salario mínimo	\$/mes	828,116	828,116	862,897	898,276	934,207	971,575	1,010,438	1,050,855	1,092,890	1,136,605	1,182,069
Subsidio de Transporte	\$/mes	97,032	97,032	101,107	105,253	109,463	113,841	118,395	123,131	128,056	133,178	138,505
Factor Prestacional	veces	0.5185										
Factor salario personal categoría 1	veces	0.30	2.10	2.40	2.70	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Factor salario personal categoría 2	veces	0.20	1.50	1.70	1.90	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10	2.10
Factor salario personal categoría 3	veces	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tasa de Referencia (BanRep)	%	-	4.75%	5.25%	5.00%	4.75%	4.75%	4.75%	4.75%	4.75%	4.75%	4.75%
Devaluación Nominal (promedio por año)	%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%	1.00%
Impuesto de Renta	%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%	30.00%

Tabla XXIII. Capex

Resumen	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Invernaderos	79,779,600	45,387,223	49,175,897	-	27,121,221	15,369,781	16,620,492	29,636,090	16,794,975	18,161,661	32,384,156
Sistema de Riego	181,480,000	117,514,927	134,519,247	32,037,654	32,998,784	33,988,748	35,008,410	36,058,662	37,140,422	38,254,635	39,402,274
Otros	23,118,000	11,952,006	12,334,470	-	-	26,982,588	13,896,033	13,896,033	14,312,914	29,484,603	15,184,571
Canastillas	6,174,000	3,452,526	3,764,686	6,792,436	3,783,664	4,117,769	7,422,278	4,134,512	4,499,597	8,110,523	4,517,893
Oficinas y Carretera	61,960,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Capex	352,511,600	178,306,682	199,794,301	38,830,090	63,903,669	80,458,886	72,947,213	83,725,297	72,747,908	94,011,422	91,488,893

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla XXIV. Capital de Trabajo

Capital de Trabajo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Días Cartera										
Días de Caja Mínima										
Días Inventario										
Días Proveedores										
Valor Cartera	65,620,079	104,991,552	148,563,866	153,020,782	157,611,405	162,339,747	167,209,940	172,226,238	177,393,025	182,714,816
Valor Caja Mínima	7,291,120	11,665,728	16,507,096	17,002,309	17,512,378	18,037,750	18,578,882	19,136,249	19,710,336	20,301,646
Valor Inventario	10,707,088	17,131,247	24,240,849	24,968,074	25,717,117	26,488,630	27,283,289	28,101,788	28,944,841	29,813,187
Valor Proveedores	3,198,687	5,117,871	7,241,827	7,459,082	7,682,855	7,913,340	8,150,740	8,395,263	8,647,121	8,906,534
Capital de Trabajo	80,419,600	128,670,657	182,069,983	187,532,083	193,158,045	198,952,787	204,921,370	211,069,012	217,401,082	223,923,114
Variación Capital de Trabajo	80,419,600	48,251,057	53,399,327	5,462,100	5,625,962	5,794,741	5,968,584	6,147,641	6,332,070	6,522,032

3 Presentación y Discusión de Resultados

El propósito del modelo construido es determinar la viabilidad de un negocio de cultivos hidropónicos bajo las condiciones encontradas durante la prueba piloto, y los demás criterios tomados en cuenta una vez se escaló el modelo a su producción máxima. El éxito del modelo es financiarlo en la mayor parte posible a través de deuda, razón por la cuál se habilitó la casilla Objetivo de Endeudamiento (% CAPEX). Ya que el monto de inversión está compuesto principalmente por las inversiones iniciales requeridas en infraestructura, y el resto se financia con la operación misma.

3.1 Caso Base

En la tabla XXVI se visualizan los flujos de caja del proyecto.

La operación del proyecto demostró ser rentable, viéndose reflejada en un EBITDA positivo para todos los años con un margen promedio de 27.2%. La tendencia es que el margen disminuye levemente año tras año, explicado por la diferencia porcentual entre el incremento de la inflación y el incremento del salario mínimo. Al tener el EBITDA positivo y un margen fuerte, incluso cuando los ingresos son bajos como en los primeros dos años, se observa el potencial del proyecto.

Los flujos de EBITDA son utilizados para financiar el incremento en Capital de Trabajo, las inversiones en CAPEX y el Impuestos Operativo sobre la ganancia neta sin haber descontado aún el beneficio tributario. El resultado de la diferencia es el Flujo de Caja Libre Operativo (FCF). No se incluye el escudo fiscal porque para analizar la viabilidad del proyecto, es indiferente el cómo se obtuvieron los fondos para financiarlo, sencillamente es importante saber si la operación es capaz de sostener el negocio. Se observa como el capital de trabajo tiene incrementos fuertes durante los primeros tres años de operación, o durante el período de crecimiento del proyecto. Se concluye que el negocio es intensivo en capital de trabajo, principalmente por el poder negociador de los clientes, y hay que inyectarle dinero para crecer. A partir del tercer año el capital de trabajo crece al ritmo de la inflación. Las inversiones en CAPEX muestran un fenómeno similar, donde se requieren inversiones fuertes en el período de crecimiento y una cuota estable de sostenimiento más adelante. El FCF es negativo durante los primeros tres años, durante el período de crecimiento del negocio.

El FCF se utiliza a continuación para cubrir los gastos de financiamiento, en el caso de haber adquirido deuda se descuentan los intereses, las amortizaciones, y se agrega el escudo fiscal. Naturalmente se incluye el desembolso de deuda si lo hay. Con el escenario actual hay un Flujo de Caja Disponible negativo durante los dos primeros años, y a partir de ese momento

es completamente positivo. Esto quiere decir que el proyecto requiere inversión en equity únicamente en los dos primeros años, de resto es financiado por la operación del negocio y por deuda. Como la meta del proyecto es poner la menor cantidad de equity posible, se invierte únicamente lo necesario para que el Flujo de Caja Disponible (FCFE) sea igual a cero (0). La inversión es de 110M para el año 2 y 100M para el año 1, para un total de 210M. Mientras que durante la totalidad del proyecto se financian 502M a través de deuda.

Para analizar los resultados se tienen dos escenarios, uno para el proyecto y otro para el accionista. En el primero se analiza el FCF, que es el Flujo Libre Operacional antes de considerar el financiamiento. En el segundo se analiza el FCFE, que es el remanente después de haber cubierto todos los gastos financieros y las amortizaciones. El primero se descuenta con el WACC, el segundo se calcula con el costo de patrimonio pues a los inversionista sólo les interesa evaluar sus ingresos con su costo de capital. Por otro lado, también se analizaron dos escenarios. Uno que incluye la recuperación de la caja y la venta del proyecto con un valor de flujos a perpetuidad, y otro que no los incluye. Para calcular el gradiente de los flujos a perpetuidad, se calculó el promedio del FCF durante los últimos tres años, con un resultado de 1.13%.

A continuación, se presentan los resultados tanto para el proyecto como para el accionista.

Tabla XXV. Evaluación financiera FCF y FCFE

FCF	
Tasa de Descuento (WACC)	12.88%
VPN	
Tasa Valor Terminal	1.13%
VPN sin VT	\$ 167,975,738
VPN	\$ 724,163,636
TIR sin VT	18.73%
TIR	27.82%
FCFE	
Tasa de Descuento (WACC)	13.40%
VPN	
VPN sin VT	\$ 205,298,274
VPN	\$ 736,619,088
TIR sin VT	26.97%
TIR	38.46%

En el cuadro superior se resume el análisis financiero del proyecto. Se observa como la TIR (18.73%) sin VT es significativamente superior al WACC, reflejándose en un VPN de

167M. Si se invirtiera hoy en el proyecto se estarían ganando esa cantidad de dinero. El análisis hecho no incluye la venta del proyecto ni la recuperación del capital de trabajo, si se analizara este escenario la TIR aumenta 9% con un valor de 27.82%. El VT es de 557M para el proyecto con los flujos actualizados.

En el cuadro inferior se resume el análisis financiero del inversionista. Como el proyecto financió finalmente el 69% de la inversión en CAPEX, y un total del 71% en deuda sobre la deuda y el equity, la rentabilidad para el accionista es considerablemente superior. La TIR sin VT es de 26.97% mientras que la TIR incluyendo el valor terminal sube hasta 38.46%. El VT es de 531M para el inversionista con los flujos actualizados.

Como la TIR de los flujos es superior el WACC o al Costo del Patrimonio, se concluye que el proyecto cubre los riesgos de invertir en el agro colombiano y debería realizarse. Ya que de por sí es atractivo como proyecto, y si se incurre en deuda es aún más atractivo para el inversionista. El caso base genera una atmósfera atractiva para invertir e invita a analizar con mayor profundidad el proyecto.

El indicador DSCR indica el cubrimiento del servicio a la deuda con el flujo de operación del negocio. Se utiliza para determinar el riesgo del proyecto y la probabilidad de iliquidez. Como se manejó un margen de 1.3x se mitiga el riesgo de iliquidez y la necesidad de poner más equity para cubrir con el vacío. El indicador DSCR sólo se calcula a partir del año 3, en donde ya han finalizado los desembolsos de deuda.

En resumen, el proyecto es atractivo tanto para el proyecto como para el inversionista. Las TIR, con y sin VT, para el proyecto y para el inversionista, son considerablemente superiores al Costo Promedio Ponderado de Capital. Por lo tanto, cubren las expectativas de los inversionistas como condición a invertir en proyectos del agro.

Tabla XXVI. Flujo de Caja

Flujo de Caja	Resumen	%	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
(+) Ingresos	12,099,275,084	100.00%	-	532,251,750	851,598,144	1,205,018,022	1,241,168,562	1,278,403,619	1,316,755,728	1,356,258,400	1,396,946,152	1,438,854,536	1,482,020,172
(-) Opex	8,828,301,935	72.97%	-	395,980,957	574,187,617	857,580,700	900,043,464	928,114,941	965,757,570	996,099,328	1,032,150,297	1,069,665,886	1,108,721,175
Costo Producción	2,015,550,557	16.66%	-	88,664,863	141,862,904	200,737,217	206,759,333	212,962,113	219,350,977	225,931,506	232,709,451	239,690,735	246,881,457
Personal Producción	2,954,540,187	24.42%	-	118,006,328	158,094,763	289,025,955	303,991,616	314,076,864	328,797,332	339,705,536	353,293,757	367,425,507	382,122,528
Gasto Transporte	2,419,855,017	20.00%	-	106,450,350	170,319,629	241,003,604	248,233,712	255,680,724	263,351,146	271,251,680	279,389,230	287,770,907	296,404,034
Personal Ventas y Distribución	1,252,457,368	10.35%	-	72,059,417	91,857,520	113,362,999	126,047,570	128,642,705	135,562,286	138,346,061	143,473,026	148,792,863	154,312,921
Arrendamiento Terreno	185,898,806	1.54%	-	10,800,000	12,052,800	13,450,925	15,011,232	16,752,535	18,695,829	20,864,545	23,284,832	25,985,873	29,000,234
EBITDA	3,270,973,149	27.03%	-	136,270,793	277,410,527	347,437,322	341,125,098	350,288,678	350,998,158	360,159,072	364,795,854	369,188,650	373,298,998
Margen EBITDA				25.60%	32.58%	28.83%	27.48%	27.40%	26.66%	26.56%	26.11%	25.66%	25.19%
Crecimiento EBITDA					103.57%	25.24%	-1.82%	2.69%	0.20%	2.61%	1.29%	1.20%	1.11%
(-) Inversión en Capital de Trabajo	223,923,114	1.85%	-	80,419,600	48,251,057	53,399,327	5,462,100	5,625,962	5,794,741	5,968,584	6,147,641	6,332,070	6,522,032
(-) Inversión en Capex	1,328,725,960	10.98%	352,511,600	178,306,682	199,794,301	38,830,090	63,903,669	80,458,886	72,947,213	83,725,297	72,747,908	94,011,422	91,488,893
(-) Impuesto Operativo	786,249,138	6.50%	-	40,881,238	73,049,837	88,448,842	80,296,603	82,022,704	82,397,284	84,534,105	85,427,758	84,868,246	84,322,521
Flujo de Caja Libre Operativo	932,074,937	7.70%	- 352,511,600 -	163,336,727	43,684,667	166,759,063	191,462,727	182,181,126	189,858,919	185,931,086	200,472,548	183,976,912	190,965,551
Margen FCL				-30.69%	-5.13%	13.84%	15.43%	14.25%	14.42%	13.71%	14.35%	12.79%	12.89%
Crecimiento FCL							14.81%	-4.85%	4.21%	-2.07%	7.82%	-8.23%	3.80%
(+) Desembolsos de Deuda	502,550,863	4.15%	242,474,620	122,648,007	137,428,236	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Pago de Intereses de Deuda	194,511,638	1.61%	-	29,096,954	39,234,571	48,279,480	37,343,517	25,095,240	11,377,168	4,084,707	-	-	-
(-) Amortizaciones de Deuda	502,550,863	4.15%	-	38,167,865	62,053,999	91,133,020	102,068,983	114,317,261	60,770,512	34,039,223	-	-	-
(+) Escudo Fiscal Deuda	58,353,491	0.48%	-	8,729,086	11,770,371	14,483,844	11,203,055	7,528,572	3,413,150	1,225,412	-	-	-
Flujo de Caja Disponible	795,916,790	6.58%	- 110,036,980 -	99,224,454	4,225,370	41,830,406	63,253,282	50,297,198	121,124,389	149,032,568	200,472,548	183,976,912	190,965,551
(+) Contribuciones Equity Inversiones	209,261,434	1.73%	110,036,980	99,224,454	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(-) Distribución Excedentes de Caja	1,005,178,224	8.31%	100%	-	4,225,370	41,830,406.47	63,253,282	50,297,198	121,124,389	149,032,568	200,472,548	183,976,912	190,965,551
Flujo de Caja después de Distribución	-	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(+) Caja Inicial	-	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Caja Final (Excluyendo Caja Operativa)	-	0	0.00%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.2 Escenarios

Como respuesta a que el escenario base no se cumpla, se plantearon diferentes escenarios y analizar su impacto en el proyecto. Para seleccionar los escenarios se eligieron las variables más significativas del proyecto y aquellas que pudieran llegar a tener una mayor variación. Las variables analizadas fueron: precio de venta, días de cartera, porcentaje de desperdicio de la producción, costo de transporte y productividad operativa. Cualquier variación en alguna de las variables, puede disminuir la generación de fondos de tal manera que implican que el proyecto deje de ser rentable. Siendo así, se analizaron las franjas de las variables para determinar el campo de acción del proyecto.

Se identificó que el precio es la variable más sensible y con la franja de negociación más reducida. Una reducción de tan solo 4.2% sobre los precios base implican que el proyecto deje de ser atractivo operativamente. El precio unitario para el año 1 tiene que ser de 719 pesos la unidad, lo que se traduce en 2864 pesos por kilo. El campo de acción es de sólo 31 pesos por unidad. Es supremamente importante conocer esta realidad porque esto demuestra el riesgo que se sufre ante una eventual caída de precios sectorial. También define la urgencia de firmar acuerdos de suministro a largo plazo y con una franja de precios estable. Por el contrario, si se logra vender a un precio mayor se generan beneficios considerables.

Se identificó también que el costo más importante es el de la mano de obra directa. El estudio del tiempo es fundamental para definir cuántas personas se requieren en todo momento. La productividad está definida en segundos por sembrado, recolección y empaque. Una reducción del 20% es la máxima tolerada por el modelo, a partir de ahí se necesitan tantos trabajadores que se vuelve inviable.

El gasto de transporte es el segundo rubro más representativo de los gastos operacionales. Durante el piloto se logró negociar el precio por canastilla en 3.000 pesos, pero se espera que se reduzca más por la cantidad de mercancía transportada diariamente. El precio máximo que se puede pagar por canastilla es de 3.638 pesos, resultando en una franja de 21.27% por encima del precio actual.

El desperdicio durante el piloto fue de 2.05% de la producción, relación utilizada durante el modelo para castigar la producción. Entendiendo que puede variar debido a la propagación de pestes, mala producción o contaminación en las fuentes hídricas, se decidió calcular el peor escenario posible. Bajo las condiciones del caso base, el proyecto puede soportar hasta un 10.71% de factor de desperdicio.

Por último, dentro del capital de trabajo neto operativo el factor más influyente para los resultados del proyecto es el manejo de la cartera. Se conocen que las grandes superficies pagan en periodos entre 60 y 90 días. Los clientes reales del proyecto, las marcas especializadas no tienen tal poder de negociación y por lo tanto se definió que manejarían políticas de pago a 45 días. Analizando la cartera del negocio, se descubrió que este puede soportar hasta 101 días de plazo. Esto quiere decir que el negocio tiene alto poder negociador en este sentido. Se podría negociar con los clientes un mayor plazo a cambio de un mayor precio. Puesto que el precio es una variable mucho más sensible para el negocio que los plazos de la cartera, esto impactaría positivamente el retorno del proyecto.

Por la oportunidad que esto representa para el negocio, se evaluó cómo se comporta la TIR del proyecto cuando se varían el precio de ventas y las políticas de cartera. Los compradores potenciales del proyecto se verían muy beneficiados por una extensión en los plazos de pago, porque las grandes superficies les compran bajo condiciones similares. Bajo el escenario base de \$3000 pesos el kilo (750 la unidad) y 45 días de cartera, la TIR del proyecto es de 18.73%. Si se logra que el cliente pague 50 pesos más por kilo o 13 pesos más por unidad, se podría otorgarle 15 días más de plazo y aun así generar un mayor retorno para el proyecto. Si se logra que el cliente pague \$3100 por kilo, puede otorgársele un plazo hasta de 80 días y tener mejor rendimiento que en el escenario base. Por último, con un precio de \$3150, que representa sólo un incremento del 5% sobre el escenario base, podría otorgarse plazos hasta de 100 días.

Tabla XXVII. Tabla de datos 1 variable (1)

Escenario: Variación en el precio

VPN = 0											
Precio Kilo	2,874.05	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250
	718.51	700	712.5	725	737.5	750	762.5	775	787.5	800	812.5
TIR sin VT	12.88%	9.07%	11.68%	14.14%	16.49%	18.73%	20.90%	23.00%	25.03%	27.02%	28.95%
VPN sin VT	-	-98,765,683	-32,080,328	-34,605,028	-101,290,383	-167,975,738	-234,661,094	-301,346,449	-368,031,804	-434,717,160	-501,402,515

Escenario: Variación en los días de cartera

VPN = 0									
Días de Cartera	101.34	15	30	45	60	75	90	105	120
TIR	12.88%	22.35%	20.49%	18.73%	17.07%	15.48%	13.97%	12.53%	11.16%
VPN	-	-257,426,103	-212,700,920	-167,975,738	-123,250,556	-78,525,374	-33,800,192	-10,924,991	-55,650,173

Escenario: Variación en los días de desperdicio

VPN = 0		Caso Base								
% Desperdicio	10.71%	2.05%	2%	4%	6%	8%	10%	12%	14%	16%
TIR	12.88%	18.73%	18.79%	20.08%	18.04%	15.91%	13.69%	11.37%	8.91%	6.29%
VPN	\$ 0	-167,975,738	-169,584,212	-214,469,453	-150,556,606	-86,645,784	-22,732,936	-41,177,569	-105,088,737	-169,001,238

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla XXIX. Tabla de datos 1 variable (2)

VPN = 0											
Costo por canastilla	3,638	2,000	2,250	2,500	2,750	3,000	3,250	3,500	3,750	4,000	4,250
TIR	12.88%	26.66%	24.79%	22.85%	20.83%	18.73%	16.53%	14.22%	11.76%	9.13%	6.28%
VPN	-	431,208,644	365,400,418	299,592,191	233,783,965	167,975,738	102,167,512	36,359,285	- 29,448,941	- 95,257,168	- 161,065,394

Escenario: Variación en la productividad

VPN = 0 (en este caso no puede ser exactamente igual a 0 por las restricciones de producción)											
Productividad Operarios	-20%	33.33%	25.00%	16.67%	8.33%	65 seg x ciclo	-8.33%	-16.67%	-25.00%	-33.33%	-41.67%
TIR	12.33%	26.71%	26.71%	22.91%	22.02%	18.73%	18.73%	18.00%	12.33%	11.56%	6.38%
VPN	- 14,518,933	425,776,850	425,776,850	297,680,051	276,771,484	167,975,738	167,975,738	148,674,686	- 14,518,933	- 35,427,500	- 163,524,298

Tabla XXVIII. Tabla de datos 2 variables

Días vs Precios	\$	3,000	\$	3,050	\$	3,100	\$	3,150	\$	3,200	\$	3,250	\$	3,300
45		18.73%		20.90%		23.00%		25.03%		27.02%		28.95%		30.85%
50		18.17%		20.32%		22.39%		24.41%		26.37%		28.29%		30.16%
55		17.61%		19.74%		21.80%		23.80%		25.74%		27.64%		29.50%
60		17.07%		19.18%		21.22%		23.20%		25.12%		27.00%		28.84%
65		16.53%		18.62%		20.65%		22.61%		24.52%		26.37%		28.19%
70		16.00%		18.08%		20.09%		22.03%		23.92%		25.76%		27.56%
75		15.48%		17.54%		19.53%		21.46%		23.33%		25.15%		26.93%
80		14.97%		17.02%		18.99%		20.90%		22.75%		24.56%		26.32%
85		14.47%		16.50%		18.46%		20.35%		22.19%		23.97%		25.72%
90		13.97%		15.99%		17.93%		19.81%		21.63%		23.40%		25.13%
95		13.48%		15.49%		17.41%		19.28%		21.08%		22.84%		24.55%
100		13.01%		14.99%		16.91%		18.75%		20.54%		22.28%		23.98%
105		12.53%		14.51%		16.41%		18.24%		20.01%		21.74%		23.41%

Las celdas resaltadas en rojo son todas las opciones que traen mayor retorno que el escenario base, combinando un aumento en días de cartera y un aumento en el precio.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4 Conclusiones

Los cultivos hidropónicos tienen un enorme beneficio a nivel de productividad. En suelo se pueden cosechar 3 ciclos por año y se tiene que labrar la tierra entre ciclo y ciclo. Bajo esta técnica se pueden cosechar hasta 9.13 ciclos por año, y se podrían cosechar aún más si se redujera un poco el tamaño de la lechuga. Hay recirculación de agua, por lo que se disminuye el riesgo de contaminación de las fuentes hídricas y también presenta un ahorro importante. Bien si la tecnología es intensiva en mano de obra, se compensa con la alta productividad. Es importante buscar maneras de reducir el tiempo gastado en cada actividad para evitar contratar más personas de la cuenta.

El mercado es la última frontera para el éxito del proyecto. Aunque se tenga un sistema productivo altamente competitivo, es crucial aumentar el precio de venta y más importante aún tener quién compre toda la cosecha. Por tal motivo se proponen desarrollar acuerdos de suministro con los clientes para asegurar una estabilidad. El precio no debería ser completamente estático, se debería negociar a través de franjas de precios que beneficien a ambas partes.

El proyecto es financieramente viable para el inversionista con las condiciones presentadas en el escenario base. La TIR del proyecto es de 18.7% y la TIR del inversionista es de 26.97%. Estos dos valores fueron calculados sin la recuperación del capital de trabajo ni la venta del proyecto en el año 10 con el método de flujos a perpetuidad. Si se incluyeran aumentarían 9% y 11.5% respectivamente. Esto muestra el éxito del proyecto operacionalmente.

Las variables más influyentes sobre el proyecto son: el precio, el porcentaje de desperdicio, la productividad, los días de cartera y el costo por canastilla. La variable con la menor franja de negociación es el precio con 4.2%, y grandes impactos positivos con el más mínimo aumento. En segundo lugar, siguen el costo de transporte y la disminución de la productividad, ambos tienen un margen de alrededor de 20%. Por encima de ese porcentaje y el proyecto deja de ser rentable. La tabla de datos entre los días de cartera y el precio muestra como se les podría presentar a los clientes una estrategia, en donde se pida un mayor precio, pero con más días de cartera. El impacto termina siendo positivo sobre la TIR y les podría ayudar a mejorar su capital de trabajo.

Referencias

- Bancolombia, A. (2019). Proyecciones económicas de mediano plazo, (Abril), 1–3.
- Cardona, V. (2015). Suelo colombiano, un recurso que ya se comienza a agotar. *El Tiempo*. Retrieved from <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-15313755>
- Controlled, C. (n.d.). Cornell Controlled Environment Agriculture Hydroponic Lettuce Handbook.
- Del, E., Del, V., Elvira, I., & Trujillo, V. (2019). Estudio del Suelo - La Lonja.
- Domingues, D. S., Takahashi, H. W., Camara, C. A. P., & Nixdorf, S. L. (2012). Automated system developed to control pH and concentration of nutrient solution evaluated in hydroponic lettuce production. *Computers and Electronics in Agriculture*, 84, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.02.006>
- Editorial Dinero. (2009). Valorizaciones enormes en el campo colombiano. *Revista Dinero*. Retrieved from <http://www.dinero.com/negocios/articulo/valorizaciones-enormes-campo-colombiano/79013>
- El Colombiano. (2016). S.O.S por bosques y aires de oriente. *El Colombiano*. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/oriente-cercano-urbanismo-agota-los-recursos-de-la-zona-BN4816>
- Forchino, A. A., Lourguioui, H., Brigolin, D., & Pastres, R. (2017). Aquaponics and sustainability: The comparison of two different aquaponic techniques using the Life Cycle Assessment (LCA). *Aquacultural Engineering*, 77, 80–88. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.03.002>
- Gabriel, E., Del, S., Agrónomo, I., Coordinador, M. S., Transferencia, N. De, R, G. S. Del, ... Platina, L. (n.d.). Manual de producción de lechuga.
- Hidroponía, A. (2018). Memorias Hidroponía. Aura Hidroponía.
- Jiménez Morales, G. (2015). En Rionegro el precio de la tierra crece al 12 anual. *El Colombiano*. Retrieved from <http://www.elcolombiano.com/antioquia/en-rionegro-el-precio-de-la-tierra-crece-al-12-anual-XA1938550>
- Kyaw, T. Y., & Ng, A. K. (2017). Smart Aquaponics System for Urban Farming. *Energy Procedia*, 143, 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.694>
- Laidlaw, M. A. S., Filippelli, G. M., Brown, S., Paz-Ferreiro, J., Reichman, S. M., Netherway, P., ... Mielke, H. W. (2017). Case studies and evidence-based approaches to addressing urban soil lead contamination. *Applied Geochemistry*, 83, 14–30. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2017.02.015>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Lee, S., & Lee, J. (2015). Beneficial bacteria and fungi in hydroponic systems: Types and characteristics of hydroponic food production methods. *Scientia Horticulturae*, 195, 206–215. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.011>
- Ocampo, H. (2014). Altos costos hacen peligrar la viabilidad de empresas del agro. *El Observador*. Retrieved from <https://www.elobservador.com.uy/altos-costos-hacen-peligrar-la-viabilidad-empresas-del-agro-n273588>
- Rius-Ruiz, F. X., Andrade, F. J., Riu, J., & Rius, F. X. (2014). Computer-operated analytical platform for the determination of nutrients in hydroponic systems. *Food Chemistry*, 147, 92–97. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.114>
- Sapag, N., & Sapag, R. (2008). *Preparación y Evaluación de Proyectos* (Mcgraw Hil). Mcgraw Hill.
- Savvas, D. (2003). Hydroponics: A modern technology supporting the application of integrated crop management in greenhouse. *Food, Agriculture & Environment*, 1(1), 80–86.
- Soria Campos, J. A. (2012). 6° Curso De Hidroponía Basica Para Principiantes., 51.
- Vibrant, G. and. (2019). Hydroponics for beginners - the definitive guide. Retrieved from <https://www.greenandvibrant.com/hydroponic-gardening#what-is-hydroponics>
- Wortman, S. E. (2015). Crop physiological response to nutrient solution electrical conductivity and pH in an ebb-and-flow hydroponic system. *Scientia Horticulturae*, 194, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.07.045>

Anexo 1. Selección del Terreno

Con la implementación de cultivos hidropónicos en lugar de agricultura tradicional, se busca optimizar el uso del suelo y aumentar los ciclos productivos en aras de cultivar de manera rentable en las regiones aledañas a Medellín. Dado que algunas han empezado a sufrir enormes presiones urbanísticas y como consecuencia valorizaciones considerables. El fin del proyecto también es determinar hasta qué punto los cultivos hidropónicos permiten a los propietarios seguir produciendo de manera rentable según el valor de la tierra.

Para estar mejor informados acerca del comportamiento de las tierras del Oriente Antioqueño, se asistió al Encuentro Inmobiliario de Oriente 2019 de la Lonja de Medellín (Del, Del, Elvira, & Trujillo, 2019). En este se presentó un estudio del valor de suelo de la Variante de las Palmas (Envigado), Guarne, Rionegro, El Retiro, El Carmen de Viboral, y La Ceja. Ya que fueron identificadas como las zonas con mayor desarrollo y crecimiento del oriente antioqueño.

Se identificaron zonas claves dentro de cada uno de estos municipios y se definió un valor de referencia. Adicionalmente, la definición del precio también estuvo sujeta a supuestos de conexión vial, áreas, topografía, etc. Es importante resaltar que los precios definidos en el estudio son para lotes rurales de áreas entre 20.000 y 30.000 mts cuadrados, lotes de parcelación típicos o lotes comerciales o industriales de 30.000 mts cuadrados. Adicionalmente, todos los lotes analizados tienen conexión a la malla vial del departamento. Para el estudio se utilizaron como referencia los lotes categorizados como ‘lotes rurales’.

La investigación de la Lonja proporcionó un valor base por metro cuadrado para las zonas rurales más representativas de cada uno de los municipios, siendo todas zonas altamente demandadas y con un historial de compraventa elevado en los últimos años. Adicionalmente, son zonas que por su cercanía a los cascos urbanos de su municipio y su cercanía a Medellín han parado de utilizarse para el agro y se han convertido en fincas de recreo, parcelaciones, industria o comercio. En la Tabla XXX se muestra el precio de la tierra de las diferentes zonas estudiadas para febrero de 2019.

Para tomar la decisión sobre dónde invertir, primero se excluyeron los terrenos que no cumplieran con la condición de ‘lote rural’. También se utilizaron para el estudio los sectores que tengan un valor por metro cuadrado, menor o igual a 55.000 pesos. Esta última decisión se tomó porque esas zonas no tienen ningún proyecto inmobiliario de gran escala que infle o tergiverse el precio para el estudio. Caso contrario para aquellas que tienen un valor superior, que ya han sido desarrolladas o lo serán próximamente. Estas tierras, a pesar de ser destinadas

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

principalmente como fincas de recreo, permiten identificar si los cultivos hidropónicos permiten incluso reconvertir tierras utilizadas para fines recreativos en tierras productivas nuevamente. Finalmente, se incluyeron otras variables como la cercanía a las vías principales, el tiempo de transporte a la Central Mayorista de Medellín para tener un punto de comparación del valor del flete, la topografía para determinar el potencial de producción de la tierra y la valorización del terreno en caso de tener una venta al final del proyecto.

Finalmente, para tomar la decisión se creó una tabla que incluye para cada zona su precio por metro cuadrado, su valorización, su topografía, tipo de vía y cercanía a Medellín. Se parametrizaron todas las variables con valores de 1 hasta 3, 3 siendo el puntaje más alto y más conveniente para la elección del terreno. Para la variable precio, pensando en minimizar el valor de la inversión inicial, se le dio una calificación de 1 para valores por metro cuadrado entre 55.000 y 45.000 pesos, una calificación de 2 a valores entre 44.000 y 35.000 y una calificación de 3 a valores entre 34.000 y 25.000. Para la variable valorización, pensando en una eventual venta del terreno al final del periodo, se definió una calificación de 1 para valorizaciones anuales entre 1% y 6%, una calificación de 2 valorizaciones entre 6.01% y 12% y una calificación de 3 para valorizaciones anuales mayores a 12%. Para el tema de la topografía, puesto que la inclinación del terreno puede dificultar el montaje y multiplicar los costos, se definió una calificación de 1 para tierras montañosas, de 2 para tierras onduladas y una calificación de 3 para tierras planas. Para el tipo de vía, por la necesidad de una buena vía de acceso para la recolección de los productos, se definió una calificación de 1 para tierras con vías de accesos terciarias, una calificación de 2 para tierras con acceso a través de vías secundarias y una calificación de 3 para terrenos ubicados en vías principales. Por último, se analizó la cercanía del terreno a Medellín, puesto que esta es la principal plaza y donde se concentra la mayoría de la oferta, definiendo una calificación de 1 para tierras ubicadas a más de 75 minutos de Medellín, una calificación de 2 para tierras ubicadas entre 60 y 75 minutos y una calificación de 3 para tierras ubicadas a menos de 60 minutos de Medellín.

A continuación, se le dio una importancia a cada variable a partir del conocimiento de expertos en el tema de agro y se hizo una ponderación para cada zona de las calificaciones en cada una de las variables con su respectiva importancia, como se evidencia en la Tabla XXXII. Las dos zonas con mayor calificación fueron Normandía y Bella Vista en Guarne. Estas zonas resaltaron por lo económico de su precio, por su valorización atractiva y por su cercanía a Medellín. Puesto que ambas zonas tuvieron la misma calificación para todas las variables se definió como criterio de desempate el tiempo del transporte a Medellín. Por lo tanto, se eligió

la zona de Bella Vista en Guarne al ahorrarnos un 10% de tiempo en cada transporte en comparación a Normandía.

El terreno elegido para la inversión en Guarne tiene un precio por hectárea de 300.000.000 de pesos y un crecimiento de 16.2%. Se conecta con la autopista Medellín-Bogotá a través de una vía secundaria y tienen una geografía ondulada que permite tener el grado de caída necesaria para el correcto funcionamiento de un cultivo hidropónico. Al ser una de las zonas más económicas ubicada en los municipios con creciente expansión urbanística es una base perfecta para evidenciar si los altos precios del oriente todavía permiten realizar inversiones rentables en cultivos hidropónicos.

Analizando desde el punto de vista del arrendamiento y no la compra de la tierra, se puede trabajar con un estándar que se maneja para las tierras rurales. En los municipios del oriente antioqueño la tasa arrendamiento oscila entre el 0.2% y 0.4% mensual dependiendo del tamaño de la tierra. Partiendo del principio de que una tierra de mayor tamaño tiene una tasa porcentual menor y sabiendo que el proyecto necesita una tierra de tamaño intermedio (1 hectárea), se considera una tasa apropiada el 0.3% mensual. Bajo estas condiciones el arrendamiento de la tierra costaría actualmente alrededor de 900,000 pesos mensuales en la zona de Bellavista del municipio de Guarne.

Tabla XXX. Precio hectárea

Municipio	Sector	Precio metro cuadrado	Precio Hectarea	Valorización Promedio 2018
Rionegro	Mall Llanogrande	\$ 560,000	\$ 5,600,000,000	12.70%
Rionegro	Vía Llanogrande - Don Diego	\$ 400,000	\$ 4,000,000,000	12.70%
Rionegro	Vía Llanogrande - Aeropuerto	\$ 370,000	\$ 3,700,000,000	12.70%
Rionegro	Sector la Amalita	\$ 300,000	\$ 3,000,000,000	12.70%
El Retiro	Represa la Fé	\$ 265,000	\$ 2,650,000,000	10.30%
El Retiro	Fizebad	\$ 250,000	\$ 2,500,000,000	10.30%
Rionegro	Aeropuerto	\$ 220,000	\$ 2,200,000,000	12.70%
Rionegro	Tablazo - Rionegro	\$ 180,000	\$ 1,800,000,000	12.70%
Rionegro	Vía Galicia	\$ 180,000	\$ 1,800,000,000	12.70%
Guarne	La Ramada	\$ 180,000	\$ 1,800,000,000	16.20%
Envigado	Sector La Acuarela	\$ 180,000	\$ 1,800,000,000	12.00%
Rionegro	Cabeceras	\$ 160,000	\$ 1,600,000,000	12.70%
El Retiro	Sector La María	\$ 160,000	\$ 1,600,000,000	10.30%
Rionegro	El Tablacito	\$ 150,000	\$ 1,500,000,000	12.70%
La Ceja	Universidad de Antioquia	\$ 150,000	\$ 1,500,000,000	9.90%
Guarne	Hipódromo	\$ 140,000	\$ 1,400,000,000	16.20%
Envigado	Vía Merca Ajuste	\$ 130,000	\$ 1,300,000,000	12.00%
Rionegro	Tablazo	\$ 120,000	\$ 1,200,000,000	12.70%
Envigado	Meritage	\$ 100,000	\$ 1,000,000,000	12.00%
El Retiro	Sector la Pradera (cerca al pueblo)	\$ 100,000	\$ 1,000,000,000	10.30%
La Ceja	Vía La Ceja - Rionegro	\$ 100,000	\$ 1,000,000,000	9.90%
La Ceja	El Yarumo	\$ 100,000	\$ 1,000,000,000	9.90%
Rionegro	Sector El Crucero	\$ 95,000	\$ 950,000,000	12.70%
Rionegro	Pontezuela	\$ 90,000	\$ 900,000,000	12.70%
Rionegro	Posada de Posada	\$ 87,000	\$ 870,000,000	12.70%
Rionegro	Vereda el Rosal	\$ 85,000	\$ 850,000,000	12.70%
Rionegro	Candilejas	\$ 80,000	\$ 800,000,000	12.70%
La Ceja	Round Point La Ceja - La Unión	\$ 80,000	\$ 800,000,000	9.90%
Carmen de Viboral	El Canadá	\$ 70,000	\$ 700,000,000	1.70%
Rionegro	San Antonio	\$ 60,000	\$ 600,000,000	12.70%
Carmen de Viboral	Quirama	\$ 60,000	\$ 600,000,000	1.70%
Rionegro	Sajonia	\$ 55,000	\$ 550,000,000	12.70%
Rionegro	Sector la Margarita	\$ 55,000	\$ 550,000,000	12.70%
El Retiro	Sector Tequendamita	\$ 35,000	\$ 350,000,000	10.30%
La Ceja	Vía Don Diego - La Ceja	\$ 35,000	\$ 350,000,000	9.90%
Carmen de Viboral	Vereda Carmargo	\$ 30,000	\$ 300,000,000	1.70%
Guarne	Normandía	\$ 30,000	\$ 300,000,000	16.20%
Guarne	Bella Vista	\$ 30,000	\$ 300,000,000	16.20%
La Ceja	Vía La Ceja - El Retiro	\$ 25,000	\$ 250,000,000	9.90%

Tabla XXXI. Parametrización terreno

Municipio	Zona	Precio Metro cuadrado	Valorización	Topografía	Vía	Cercanía Medellín
Rionegro	Sajonia	\$ 55,000	12.70%	Hondulada	Principal	46 min
Rionegro	Sector la Margarita	\$ 55,000	12.70%	Hondulada	Principal	1:25 min
El Retiro	Sector Tequendamita	\$ 35,000	10.30%	Montañosa	Principal	48 min
La Ceja	Vía Don Diego - La Ceja	\$ 35,000	9.90%	Montañosa	Principal	53 min
Carmen de Viboral	Vereda Carmargo	\$ 30,000	1.70%	Hondulada	Secundaria	1:26 min
Guarne	Normandía	\$ 30,000	16.20%	Hondulada	Secundaria	59 min
Guarne	Bella Vista	\$ 30,000	16.20%	Hondulada	Secundaria	53 min
La Ceja	Vía La Ceja - El Retiro	\$ 25,000	9.90%	Montañosa	Secundaria	50 min

Tabla XXXII. Calificación terreno

Peso		27%	27%	26%	10%	10%	Calificación
Municipio	Zona	Precio	Valorización	Topografía	Vía	Cercanía Medellín	
Rionegro	Sajonia	1	3	2	2	3	2.1
Rionegro	Sector la Margarita	1	3	2	2	1	1.9
El Retiro	Sector Tequendamita	2	2	1	2	3	1.84
La Ceja	Vía Don Diego - La Ceja	2	2	1	2	3	1.84
Carmen de Viboral	Vereda Carmargo	3	1	2	1	1	1.8
Guarne	Normandía	3	3	2	1	3	2.54
Guarne	Bella Vista	3	3	2	1	3	2.54
La Ceja	Vía La Ceja - El Retiro	3	2	1	1	3	2.01

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.